



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt:

Rätsel der Steinigen Tunguska	1
Doch Leben auf dem Mars?	5
Das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz — ein Grundgesetz der Astrophysik · Ernst Wenzl	6
Wie weit und wie hoch flogen Raketen des 18. und des 19. Jahrhunderts? · W. Strubell	12
Die Schulsternwarte Rostock	19
4 Supernovae in 1000 Jahren — Radius 1000 Lichtjahre — Satelliten-Fernmelde- stationen für Mondexpeditionen — Kein Interesse für internationale Nachrich- ten-Satelliten	21

Aus der Literatur

Vorbereitungen auf die Rückkehr des Halleyschen Kometen — Nochmals: Raketenexperiment in Süddeutschland beobachtet — Erste „Satellitenfirma“ — Apollo-Raumschiff nicht nur zum Mond? — Sowjetunion plant Nachrichten- satelliten für Direktempfang — Leitschiffe für Apollo-Mondflug	22
---	----

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Über einige Probleme des Strahlenschutzes bei kosmischen Flügen · H. Swart	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. Ruhle, Prof. D. Wattenberg, Prof. Dr. Wempe

Redaktion: 102 Berlin 2, Liebknechtstr. 31, Fernsprecher: 51 53 84/85. „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

Rätsel der Steinigen Tunguska

Seit 57 Jahren beschäftigen sich die Gelehrten mit den Problemen der unerhörten Explosion an der Steinigen Tunguska im Jahre 1908. Es entstanden verschiedene Hypothesen, es wurden gewichtige Beweise vorgebracht. Es schien alles verständlich und klar zu sein, aber eine endgültige, eindeutige Erklärung für diese große Explosion fehlt bis jetzt noch. Die Entwicklung der Wissenschaft liefert heute die Möglichkeit, dieses Rätsel mit neuen Mitteln und auf neuen Wegen zu lösen.

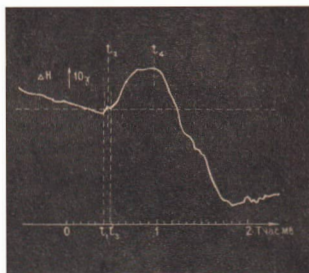
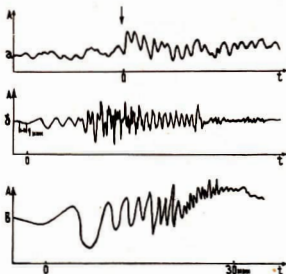
Das Geheimnis dieser Explosion infolge des Absturzes eines kosmischen Körpers muß auch noch deshalb geklärt werden, weil die Folgen zu sehr an eine Kernexplosion erinnern. Eben diese gefährliche Ähnlichkeit hatte der Präsident des Internationalen Astronomischen Verbandes im Auge, als er 1958 im Kolonnensaal des Gewerkschaftshauses die X. Tagung dieser Assoziation eröffnete.

Der französische Astronom erklärte, wenn in unserer gespannten Zeit ein Fall sich wiederholen sollte, der eine Ähnlichkeit mit der Explosion des Tunguska-Meteoriten hätte, könnte dies die Welt in eine nicht mehr gut zu machende Katastrophe stürzen.

Soweit die Jugendzeitschrift „Technika molodioshi“ Nr. 2/1966, Seite 10, in ihrem Kommentar zur Diskussion der Gelehrten in Dubna; und dann bringt sie eine Reihe von Stimmen bekannter Persönlichkeiten, die weiter in ihren prägnanten Punkten zitiert werden sollen. Vorher aber faßt „Technika molodioshi“ den Stand der Tatsachen zusammen, der seit 1908 bis zur Gegenwart festgestellt wurde und keinem Zweifel unterliegt:

1. Die Tunguska-Katastrophe wurde von einem kosmischen Körper verursacht, der durch die dichten Schichten der Atmosphäre in einer flachen Bahn flog, die etwa 800 km lang war (Neigungswinkel der Bahn etwa 7 bis 10°).
2. Der Flug dieses Tunguska-Objektes endete mit einer Explosion in der Luft in einer Höhe von 5 bis 10 km, wobei bei der Explosion eine Energie von etwa 10^{23} bis 10^{24} Erg frei wurde.
3. Die Explosionswelle verursachte ein fast radiales Umwerfen des Waldes auf einer Fläche von 2000 km² mit einem Epizentrum an einem Punkt, der 60 km nördlich von der Ortschaft Wanowara (Krasnojarsker Land) liegt.
4. Die Explosion verursachte eine Störung des magnetischen Feldes der Erde (geomagnetischer Effekt), die in Irkutsk registriert wurde. Außerdem wurde die Tunguska-Explosion auf zahlreichen Seismogrammen und Mikrobarogrammen registriert.
5. Die Lichtstrahlung der Explosion verursachte ein Versengen von Bäumen, was zu einem Waldbrand führte.
6. Der Bereich der Katastrophe wurde nach 1908 mehrmals untersucht und dabei festgestellt, daß die Bäume dort ein verstärktes Wachstum aufweisen, wobei die Holzzunahme in einzelnen Fällen die normale um das 10fache übersteigt.
7. Vom Moment der Explosion bis Ende des Jahres 1908 wurden anomale Leuchterscheinungen beobachtet (ungewöhnlich helles Leuchten des Nachthimmels), die ihr Maximum nur innerhalb von 3 Nächten (30. Juni, 1. und 2. Juli 1908) hatten.

Die Zeitschrift betont, daß in erster Linie alle diese Tatsachen eine Erklärung finden müssen.



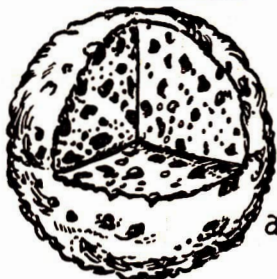
Oben links: Mikrobargramm von Luftwellen: a) einer chemischen Explosion, b) einer Kernexplosion von der Stärke einiger Megatonnen, aufgezeichnet im epizentralen Abstand von 6330 km, c) Tungusische Explosion, aufgeschrieben in einer Entfernung von etwa 6000 km vom Epizentrum.

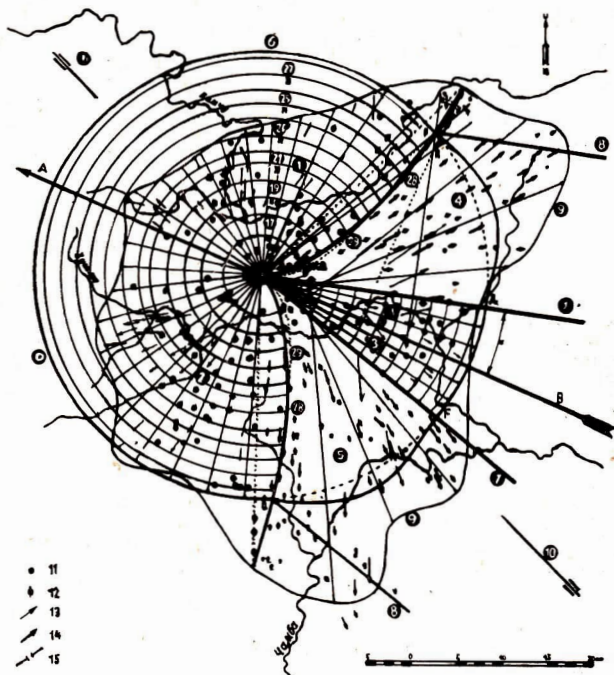
Oben rechts: Magnetogramm der tungusischen Explosion von 1908, aufgezeichnet im Irkutsker Observatorium.



Links: 45jährige Lärche, die am gleichen Ort nach der Katastrophe wuchs; darunter 120jährige Lärche, die vor der Katastrophe gewachsen ist.

Unten links und rechts: Kometkerne, bestehend aus gefrorenen Gasen und Wasser mit Einschlüssen von Nickeisen und Silikaten.





Schema der Vernichtung im Gebiet der tungusischen Katastrophe im Jahre 1908:

1-3) Gebiete des strengen radialen Auswurzelns des Waldes durch die sphärische Explosionswelle, 4-5) Gebiete der summarischen Wirkung der Explosionswelle und der ballistischen Welle, 6) Front der Explosionswelle, 7) Front der ballistischen Welle im Moment der Explosion, 8) Front der ballistischen Welle im Moment des Zusammentreffens mit der Explosionswelle im Punkte R (P) in 25 km Entfernung vom Epizentrum der Explosion, 9) Grenze des Gebietes des vernichteten (ausgewurzelten) Waldes (nach K. P. Florenski), 10) Trejektorien des kosmischen Körpers (nach E. N. Krinow), 11-12) Entwurzelte Bäume, deren Fallrichtung durch das Epizentrum der Explosion geht und der sphärischen Symmetrie entspricht, 13) Richtung der umgeworfenen Bäume, die vom Epizentrum chaotisch abweichen, 14) Richtung der gefallenen Bäume, die vom Epizentrum abweichen und der Achsensymmetrie entsprechen, 15) Bewegungsrichtung der Schlagwelle, 16-17) aufeinanderfolgende Lage der Explosionswelle im Abstand von je 5 Sekunden nach der Explosion, 18) Grenze zwischen den Gebieten mit strenger radialer (1, 2) und asymmetrischer (4-5) Lage des gefallenen Waldes, 19) Errechnete Linie der Überschneidung der Explosions- und der ballistischen Welle in den aufeinander folgenden Zeiteinheiten

Explosion eines Kometenkerns?

W. G. Fessenkow und E. L. Krinow vom Meteoritenkomitee der Akademie der Wissenschaften der UdSSR stellten übereinstimmend fest, daß die Explosion über der Erde in einer Höhe von etwa 10 km stattfand und erklären, daß es sich dabei um die Explosion eines Kometenkernes handelt.

„Nein, der Tunguska-Körper konnte kein Komet sein“ meint F. J. Sigel, Astrophysiker und Dozent des Moskauer Luftfahrtinstituts. Ausgehend davon, daß nach Ansichten der modernen Astronomie die Kometenkern ein Konglomerat aus schwermelzbaren Teilchen und aus Eis verschiedener chemischer Herkunft und somit keinen schweren homogenen, sondern einen lockeren schneearartigen Körper darstellen, kann unter den gegebenen Umständen die Höhe von 5 km über der Erde nur bei einer Geschwindigkeit von 3 km/s erreicht werden. Diese Geschwindigkeit reicht aber unter keinen Umständen für eine Explosion der Materie aus. Am Schluß seiner Ausführungen kam der Sprecher zu der Folgerung, daß die Kometentheorie keine von den bekannten Tatsachen erklärt, vielmehr steht sie in einem Widerspruch zu den festgelegten Parametern dieser Erscheinung.

Drei mögliche Explosionsursachen

W. Melechow, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften vom Laboratorium der Kernprobleme in Dubna stellt die Frage: „Nun gut, eine Explosion, aber welcher Art?“ Er verneint den Meteoriten- wie den Kometenursprung des Körpers, lehnt eine chemische Explosion ab und betrachtet die übrigen drei Möglichkeiten einer Explosion. 1. Die Möglichkeit einer gewöhnlichen Kernexplosion, d. h. einer Teilung der schweren Kerne. 2. Die Thermo-Kernexplosion, d. h. die Kernsynthese, und 3. Die Annihilationsexplosion, das ist die Begegnung der kosmischen Antimaterie mit der Materie unserer Erdatmosphäre. Welcher Art die Explosion war, können uns nur die Zeugen der Katastrophe, die radioaktiven Kerne sagen, die durchaus „verhört“ werden können. Finden wir Splitterkerne Sr^{90} , Cs^{137} , so bedeutet es, daß es eine Kernexplosion war. Finden wir die Isotopen H^3 , C^{14} , B^{10} , Si^{32} , Co^{60} (mit überschüssigen Neutronen), so bedeutet das, daß es eine Thermokernexplosion war. Die sehr starken Mesonenströme und Ströme von Gammaquanten, die bei einer Annihilation entstehen, hinterlassen sehr reichlich Spuren der Bestrahlung, die ebenfalls an Ort und Stelle der Explosion gefunden werden könnten.

Warum nicht Antimaterie?

N. A. Wlasow, Professor, Dr. der physikalisch-mathematischen Wissenschaften vom Institut der Atomenergie S. W. Kurtschatow, führte aus, daß es durchaus nicht abwegig oder fantastisch ist anzunehmen, daß unser Planet von einer bestimmten Masse der Antimaterie berührt wurde, deren Ursprung nicht unbedingt in der eigenen Galaxis zu suchen ist.

Aber nicht nur die sowjetischen Wissenschaftler beschäftigt dieses Problem. In der amerikanischen Zeitschrift „Nature“, Band 206, Nr. 4987/1965, wurde ein Artikel der bekannten Wissenschaftler Prof. K. Couen, Nobelpreisträger K. P. Atlari und Nobelpreisträger Prof. W. F. Libby,¹ veröffentlicht, der sich mit der Frage beschäftigt, ob der Tunguska-Meteorit des Jahres 1908 aus Antimaterie bestehen konnte. Sie sind zu keinen bestimmten Beweisführungen gekommen. Ihre Berechnungen, die die Antimaterie zu Grunde gelegt haben, brachten immerhin ein positives Ergebnis; es entsprach einem Siebentel der Energie, die bei der Explosion eines aus Antimaterie bestehenden Meteoriten frei werden könnte.

¹ Die Schreibweise der Namen ist aus der russischen phonetischen Schreibweise rekonstruiert, daher ist nicht sicher, ob sie richtig ist.

Oder doch Kernexplosion?

A. W. Solotow, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Wolga-Ural-Filiale des Wissenschaftlichen Instituts für Geophysik und Leiter einer Expedition an die Stelle der Explosion des Tunguska-Körpers, geht in seinen Untersuchungen systematisch vor. Nach Betrachtung und Gegenüberstellung der Expeditionsergebnisse kommt er zu der Schlußfolgerung, daß die bekannten Erscheinungen ein Einwirkungsergebnis einer ballistischen und einer Explosionswelle sind. Die genaue Untersuchung der gemeinsamen Einwirkung beider Wellen ergibt jedoch nur eine mittlere Geschwindigkeit des Körpers im Endabschnitt der Flugbahn von 18 km Länge von nur 1 bis 2 km/s. Bei dieser Endgeschwindigkeit ist jede Möglichkeit ausgeschlossen, daß ein Körper infolge seiner kinetischen Energie explodiert. Diese Energie reichte nicht einmal zum Verdampfen des Tungusischen Körpers aus. Eine chemische Natur der Explosion sei auch nicht gegeben. Nach diversen Betrachtungen des geomagnetischen Effektes, der Analyse der aufgenommenen Mikrobarogramme kommt Solotow zu der Feststellung, daß der geomagnetische Effekt der Tunguska-Explosion sehr den Störungen des magnetischen Feldes der Erde durch künstliche Kernexplosionen, die über der Erde ausgelöst werden, ähnlich ist. Vom Standpunkt der Kometenhypothese ist diese Tatsache natürlich völlig unerklärlich.

Der Akademiker B. A. Konstantinow, Direktor des Physikalisch-Technischen Instituts A. F. Joffe in Leningrad weist darauf hin, daß „in der letzten Zeit das internationale Interesse an den Arbeiten von A. W. Solotow über die Untersuchung des tungusischen Problems stark zugenommen hat. Auf der Grundlage von Versuchsergebnissen kann die Möglichkeit des Kernsprungs der Explosion an der Steinigen Tunguska vorausgesetzt werden. Es ist natürlich notwendig, sorgfältige Untersuchungen vorzunehmen und dazu die breite Masse der Physiker einzuschalten.“

W. Lawretschik, Dr. der Physikalisch-Mathematischen Wissenschaften empfiehlt größte Vorsicht bei der Untersuchung des beschleunigten Wachstums der Bäume in der Taiga nach 1908, da diese Erscheinung auch durch das Spurenelement K^{40} verursacht werden kann, wenn es nach dem Waldbrand an die Baumwurzeln gelangt ist. Nur durch ganz genaue Messungen, saubere Untersuchungen, genaueste Prüfungen sei der Weg zur Klärung des Geheimnisses an der Steinigen Tunguska zu finden.

Zusammengestellt und übersetzt von A. ANDER

Doch Leben auf dem Mars?

Die ersten Aufnahmen von der Oberfläche des Planeten Mars, die mit raumfahrttechnischen Mitteln gewonnen wurden und an Hand der auf dem Planeten festgestellten kraterartigen und ringförmigen Gebilde zeigten, daß der Mars dem Erdmond weitaus ähnlicher ist als unserer Erde, haben in Fachkreisen teilweise zu den sich voreiligen Schlüssen geführt, daß der Mars ein ähnlich lebloser Körper sei wie der Mond. Diese Marsaufnahmen, die insgesamt etwa nur 1 Prozent der Marsoberfläche enthalten, werden gegenwärtig immer noch einer sorgfältigen Auswertung unterzogen.

Um zu einer kritischen Wertung zu kommen, ob diese Aufnahmen tatsächlich eine Aussagekraft bezüglich der Frage, ob es Leben auf dem Mars gibt oder nicht, besitzen, hat man sie mit den Fotografien der Wettersatelliten vom Typ Tiros und Nimbus von der Erde verglichen. Das heißt, man hat untersucht, ob diese Wettersatellitenaufnahmen auf Spuren des Lebens auf der Erde hindeuten. Das Ergebnis ist überraschend. Das Auflösungsvermögen dieser Wettersatellitenfotografien liegt zwischen 0,2 km und 2 km. Fotografische Aufnahmen, die mit handelsüblichen Kleinbildkameras aus dieser Höhe gewonnen würden, enthielten etwa tausendmal mehr Informationen als diese Fernsehbilder.

Die von Mariner 4 von der Marsoberfläche gelieferten Bilder weisen ein Auflösungsvermögen von nur einigen Kilometern auf. Auf den Nimbus- und Tiros-Aufnahmen ist so gut wie keine Spur von irdischem Leben zu finden. So sind z. B. Städte wie Moskau, New York, London, Paris und Tokio nicht zu sehen. Auch sonst ist kein tierisches oder pflanzliches Leben nachweisbar. Es gibt lediglich in dieser Hinsicht von den vielen Tausenden Bildern der Erde vier Aufnahmen, die eine gewisse Ausnahme bilden.

Davon sind die deutlichsten Gebilde, die auf die Existenz von intelligentem Leben hinweisen könnten, der Kondensstreifen eines Strahltriebflugzeuges und ein rechteckiges Muster in einer kanadischen Waldlandschaft, das durch planmäßiges Fällen von Bäumen verursacht wurde. Die dritte Aufnahme könnte bei einiger Phantasie auf eine neuerbaute Hochstraße im amerikanischen Tennessee-Gebiet schließen lassen. Die vierte Aufnahme zeigt schließlich einen „Wellenbrecher“ vor der Marokkanischen Küste, der von Menschen angelegt sein könnte. Aber gerade hier kann man sehen, wie leicht man irren kann, denn dieser Deich ist in Wirklichkeit eine 25 km lange und bis zu 1,5 km breite natürliche Halbinsel.

Das bisherige wissenschaftliche Fazit lautet: Wenn auf den terrestrischen Aufnahmen mit ihrem weitaus besseren Auflösungsvermögen keine Spur oder nur wenige Anzeichen von Leben zu finden sind, dürfte bei dem gegenwärtigen Stand der Technik erst recht kein Nachweis von Leben auf den Marsaufnahmen gelingen können.

H. P.

Das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz – ein Grundgesetz der Astrophysik

ERNST WENZL

Fortsetzung.

B) Zahlenwertgleichungen

$$(21) \quad T = T_0 \sqrt[4]{\frac{L}{R^2}} \quad (T_0 = 5785^\circ\text{K}, T \text{ in }^\circ\text{K}, L \text{ in Sonnenleuchtkräften, } R \text{ in Sonnenradien})$$

Gleichung (21) erhält man aus Gleichung (4) durch Umformen und Radizieren.

$$(22) \quad \lg T = \frac{\lg L - 2 \lg R + 15,05}{4}$$

(L und R in Einheiten der Sonnenwerte, T in $^\circ\text{K}$)

Gleichung (22) geht aus den Gleichungen (5) und (11) durch Umformung hervor.

Durch Ausrechnen von (22) erhält man

$$(23) \quad \lg T = \frac{1}{4} \lg L - \frac{1}{2} \lg R + 3,7625$$

(T in $^\circ\text{K}$, L und R in Einheiten der Sonnenwerte).

Die folgenden Zahlenwertgleichungen gestatten die Berechnung der effektiven Temperatur aus der absoluten bolometrischen Helligkeit und dem Sternradius (bzw. Sterndurchmesser)

$$(24) \quad \lg T = \frac{42,24 - 5 \lg R - M_{\text{bol}}}{10}$$

(T in $^\circ\text{K}$, R in Einheiten des Sonnenradius)

$$(25) \quad \lg T = 4,224 - 0,5 \lg R - 0,1 M_{\text{bol}}$$

(T in $^\circ\text{K}$, R in Sonnenradien)

$$(26) \lg T = \frac{4,62 - M_{\text{bol}} - 5 \lg R}{10}$$

(T und R in Einheiten der Sonnenwerte)

VI. Die Verknüpfung des STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetzes mit dem LAMBERTschen Gesetz

Das Stefan-Boltzmannsche Gesetz kann auch herangezogen werden, um die Oberflächentemperaturen der Planeten größenordnungsmäßig abzuschätzen. Wären die Planeten schwarze Körper, dann würden sie die gesamte auf sie einfallende Strahlungsenergie absorbieren. Die Intensität der auftreffenden Strahlung hinge dann nur von der Entfernung der Planeten vom Zentralgestirn und von dessen Leuchtkraft ab und unterläge somit dem Lambertischen Entfernungsgesetz und dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz. Bezeichnet man die Intensität der vom Zentralgestirn ausgesandten Strahlung mit I_1 , den Abstand des abstrahlenden Flächenelements, also den Radius des Zentralgestirns mit r_1 , die Intensität der auf dem Planeten auftreffenden Strahlung mit I_2 und den Mittelpunktsabstand Zentralgestirn – Planet mit r_2 , so gilt

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Die Strahlungsintensitäten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Betrachtet man Zentralgestirn und Planet als schwarze Körper, so gilt für beide das Stefan-Boltzmannsche Gesetz in der Form

$$I_1 = \sigma \cdot T_1^4 \quad \text{bzw.} \quad I_2 = \sigma \cdot T_2^4,$$

worin σ die Stefan-Boltzmannsche Konstante und T_1 und T_2 die effektiven Temperaturen auf Sonne und Planet bedeuten. Setzt man die Ausdrücke für I_1 und I_2 in die Lambertische Gleichung ein, erhält man:

$$\frac{\sigma \cdot T_1^4}{\sigma \cdot T_2^4} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

Kürzen und Umformen liefert zunächst die Beziehung

$$T_2^4 = T_1^4 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}.$$

Daraus erhält man die effektive Oberflächentemperatur auf der von der Sonne senkrecht bestrahlten Flächeneinheit des Planeten nach

$$T_2 = \sqrt[4]{T_1^4 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}} \quad \text{oder} \quad T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$

T_2 = Temperatur auf einem atmosphärenlosen, nicht rotierenden, als schwarzen Körper gedachten Planeten (effektive Temperatur)

T_1 = effektive Temperatur des Zentralkörpers des Planetensystems

r_1 = Radius des Zentralkörpers

r_2 = Entfernung des Planeten vom Zentralgestirn

Innerhalb ein und desselben Planetensystems sind T_1 und r_1 konstant. Dies legt nahe, die Größengleichung

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$$

als Zahlungswertgleichung zu schreiben. Diese Zahlenwertgleichung erhält man

für unser Planetensystem dadurch, daß man für T_1 die effektive Temperatur der Sonne $T_1 = 5785^\circ\text{K}$ und für r_1 den Sonnenradius $r_1 = 4,652 \cdot 10^{-3}$ AE einsetzt und die Zahlenwerte zusammenfaßt:

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \\ T_2 &= T_1 \frac{\sqrt{r_1}}{\sqrt{r_2}} \\ &= 5785 \frac{\sqrt{4,652 \cdot 10^{-3}}}{\sqrt{r_2}} \\ &= 5785 \cdot 10^{-2} \frac{\sqrt{46,52}}{\sqrt{r_2}} \\ &= 57,85 \sqrt{46,52 \cdot r_2} - \frac{1}{2} \\ T_2 &= 3,945 \cdot 10^2 \cdot r_2 - \frac{1}{2} \end{aligned}$$

N	L
46,52	1.6676 : 2
$\sqrt{46,52}$	0.8338
57,85	1.7623
394,5	2.5961

Da sich die Indizes jetzt erübrigen, lautet die Zahlenwertgleichung für die Berechnung der maximalen Oberflächentemperatur eines als schwarzen Körpers betrachteten, atmosphärenlosen und nicht rotierenden Planeten:

$$T = 3,945 \cdot 10^2 \cdot r - \frac{1}{2}$$

Sie gilt jedoch nur, wenn die Entfernung r des Planeten vom Zentralgestirn in astronomischen Einheiten eingesetzt wird. (Vgl. [1], S. 133. Der etwas abweichende Zahlenwert von 3,91 statt 3,945 erklärt sich aus der Benutzung des älteren Wertes von $1,4953 \cdot 10^8$ km für die Astronomische Einheit und von 695 700 km für den Sonnenradius.)

Die bisherigen Betrachtungen betrafen einen atmosphärenlosen, nicht rotierenden Planeten, der als schwarzer Körper angesehen wurde. Bei einem schnell rotierenden Planeten verteilt sich die einfallende Strahlungsenergie auf die gesamte Oberfläche, so daß jedes Flächenelement im Mittel nur etwa den 4. Teil der zugeführten Leistung empfängt. Dies wird verständlich, wenn man sich den Planeten als um eine vertikale Achse rotierenden Würfel vorstellt, dessen Seitenflächen von der Strahlung des Zentralkörpers getroffen werden.

Der Ansatz unserer Ausgangsgleichung muß daher lauten:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Daraus erhält man $I_2 = \frac{I_1}{4} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$

$$\sigma \cdot T_2^4 = \frac{\sigma \cdot T_1^4}{4} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$T_2 = \sqrt[4]{\frac{T_1^4}{4} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}}$$

$$T_2 = T_1 \sqrt[4]{\frac{r_1}{2r_2}}$$

(Vgl. [7], S. 162)

Auch diese Größengleichung läßt sich in eine Zahlenwertgleichung überführen. Setzt man für T_1 5785°K und für r_1 $4,652 \cdot 10^{-3}$ AE, zieht die Quadratwurzel und

faßt die Zahlenwerte zusammen, so kommt man auf die im „Graff-Lambrecht“, S. 134, angeführte Zahlenwertgleichung für die Berechnung der Höchsttemperatur eines rotierenden atmosphärenlosen schwarzen Planeten

$$T_{\max} = 2,79 \cdot 10^2 r^{-\frac{1}{2}}$$

N	L
3,945	0.5961
$\sqrt{2}$	0.1505
2,79	0.4456

Darin bedeuten $T_{\max}$ die Höchsttemperatur an der (senkrecht) bestrahlten Planetenoberfläche und r seine Entfernung von der Sonne. Sie muß in AE eingesetzt werden!

Alle diese Gleichungen sind jedoch streng gültig nur für schwarze Körper. Die Planeten unseres Sonnensystems sind aber nun durchaus keine schwarzen Körper. Die Höhe der Oberflächentemperatur eines realen Planeten ist von verschiedenen Umständen abhängig; die wichtigsten sind nach Graff-Lambrecht S. 132/33:

- a) die Albedo A
- b) „das mittlere Absorptionsvermögen für den wirksamen Wellenlängenbereich der langwelligen, planetarischen Ausstrahlung“ („Graff-Lambrecht“, S. 132),
- c) das Vorhandensein, die Zusammensetzung und Beschaffenheit einer Atmosphäre,
- d) die Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der äußeren planetarischen Schichten,
- e) die Rotation des Planeten.

Die Intensität I_2 der einfallenden Sonnenstrahlung wird um den Betrag der infolge der Albedo reflektierten Strahlung vermindert. Hat z. B. ein Planet eine Albedo von 6 Prozent oder $A = 0,06$, so wird die Intensität I_2 nur 94 Prozent oder das 0,94fache der Intensität eines schwarzen Körpers betragen. Bei einem schwarzen Körper hätte die Albedo den Wert Null. Bei einem Körper, der die gesamte auftreffende Strahlung vollständig reflektiert, hätte die Albedo den Wert 1. Somit ist die Differenz $1 - A$ (im obigen Beispiel $1 - 0,06 = 0,94$) ein Maß für die vom Planeten absorbierte Energie, also für sein mittleres Absorptionsvermögen. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen nehmen unsere Gleichungen für die Oberflächentemperatur auf einem Planeten die Form an

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot \sqrt[4]{1 - A}$$

(gültig für einen nichtrotierenden Planeten)

$$\text{bzw. } T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{2r_2}} \cdot \sqrt[4]{1 - A}$$

(gültig für einen rasch rotierenden Planeten).

Der Ansatz unserer Ausgangsgleichung für einen nicht rotierenden Planeten muß nämlich lauten:

$$I_2 = (1 - A) I_1 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$\sigma \cdot T_2^4 = (1 - A) \sigma \cdot T_1^4 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$T_2 = \sqrt[4]{(1 - A) T_1^4 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}}$$

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot \sqrt[4]{1-A}$$

$$T_2 = T_1 \cdot r_1^{\frac{1}{2}} \cdot r_2^{-\frac{1}{2}} \cdot (1-A)^{\frac{1}{4}}$$

oder als Zahlenwertgleichung:

$$T_2 = 3,945 \cdot 10^2 \cdot r_2^{-\frac{1}{2}} (1-A)^{\frac{1}{4}} \quad (r \text{ in AE!})$$

Infolge der Albedo wird durch die Rückstrahlung der auftreffenden Sonnenenergie deren Intensität und damit auch die Oberflächentemperatur des Planeten vermindert. Die Lithosphäre eines Planeten strahlt die aufgenommene Energie in Form langwelliger Strahlung wieder ab. Diese langwellige, planetarische Infrarotstrahlung wird jedoch zum Teil wieder absorbiert. Für das Absorptionsvermögen für diese planetarische Strahlung verwendet man das Formelzeichen κ . Infolge des Absorptionsvermögens wird die Intensität der auftreffenden Sonnenstrahlung um den Wert von κ vermehrt, so daß wir unsere Ausgangsgleichung folgendermaßen ansetzen müssen:

$$I_2 \cdot \kappa = (1-A) I_1 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$I_2 = \frac{(1-A)}{\kappa} \cdot I_1 \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot \sqrt[4]{\frac{(1-A)}{\kappa}}$$

$$T_2 = T_1 \cdot r_1^{\frac{1}{2}} \cdot r_2^{-\frac{1}{2}} \frac{(1-A)^{\frac{1}{4}}}{\kappa}$$

oder als Zahlenwertgleichung:

$$T = 3,945 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \frac{(1-A)^{\frac{1}{4}}}{\kappa} \cdot (r \text{ in AE!})$$

Für einen rotierenden atmosphärelosen Planeten lautet dann die Größengleichung zur Berechnung der maximalen Oberflächentemperatur

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{2r_2}} \cdot \sqrt[4]{\frac{(1-A)}{\kappa}}$$

oder als Zahlenwertgleichung für r in astronomischen Einheiten:

$$T_{\max} = 2,79 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \frac{(1-A)^{\frac{1}{4}}}{\kappa}$$

Die Schwierigkeit, die sich einer praktischen Anwendung dieser Gleichungen entgegenstellt, ist die Unsicherheit des Wertes für A und κ , doch wird der auftretende Fehler durch den Exponenten $\frac{1}{4}$ wesentlich vermindert.

VII. Zweite Zusammenfassung

In einer 2. Übersicht seien wiederum die behandelten Gleichungen zusammengestellt.

Formeln zur Berechnung der maximalen Oberflächentemperatur auf einem Planeten

1. Der Planet wird als schwarzer Körper betrachtet. Er besitzt keine Atmosphäre und rotiert nicht oder sehr langsam (z. B. gebunden)

$$(1) \quad T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \quad (\text{Größengleichung})$$

$$(2) \quad T = 3,945 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \quad (\text{Zahlenwertgleichung! } r \text{ in AE, } T \text{ in } ^\circ\text{K})$$

2. Der Planet wird als schwarzer Körper betrachtet. Er besitzt keine Atmosphäre, rotiert aber rasch.

$$(3) \quad T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{2r_2}} \quad (\text{Größengleichung})$$

$$(4) \quad T = 2,79 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \quad (\text{Zahlenwertgleichung! } r \text{ in AE, } T \text{ in } ^\circ\text{K})$$

3. Der Planet wird nicht mehr als schwarzer Körper betrachtet, besitzt also eine Albedo und ein Absorptionsvermögen für seine eigene planetarische Ausstrahlung, aber keine Atmosphäre.

- a) Der Planet rotiert nicht oder sehr langsam

$$(5) \quad T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1-A}{\kappa}} \quad (\text{Größengleichung})$$

$$(6) \quad T = 3,945 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \frac{1-A}{\kappa}^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Zahlenwertgleichung! } r \text{ in AE, } T \text{ in } ^\circ\text{K})$$

- b) Der Planet rotiert schnell

$$(7) \quad T_2 = T_1 \sqrt{\frac{r_1}{2r_2}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1-A}{\kappa}} \quad (\text{Größengleichung})$$

$$(8) \quad T = 2,79 \cdot 10^2 \cdot r^{-\frac{1}{2}} \frac{1-A}{\kappa}^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Zahlenwertgleichung! } r \text{ in AE, } T \text{ in } ^\circ\text{K})$$

Wenn die in dieser Arbeit dargestellten Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge vorläufig noch weit über die Erfordernisse einer fachlichen Unterrichtsvorbereitung des Astronomielehrers, ja sogar über die derzeitigen Anforderungen beim externen Staatsexamen für das Lehrfach Astronomie hinausgehen, so können sie doch demjenigen eine Hilfe sein, der versucht, etwas tiefer in die Astrophysik einzudringen und dazu auch selbst Berechnungen anstellen möchte. Der Astronomielehrer wird finden, daß er dies oder jenes schon jetzt im Unterricht einsetzen kann, denn an mathematischen und physikalischen Voraussetzungen sind nur Kenntnisse und Fertigkeiten notwendig, die im Rahmen unserer zehnklassigen polytechnischen Oberschule vermittelt werden.

Literatur

- [1] Graff-Lambrecht: „Grundriß der Astrophysik“, Bd. II, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1962.
- [2] Beyrodt-Küstner: „Vierstellige Logarithmen“. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin 1964.
- [3] Hoppe: „Planeten, Sterne, Nebel“. VEB Verlag Enzyklopädie Leipzig 1961.
- [4] Parenago: „Die Sternenwelt“. Urania-Verlag Leipzig/Jena 1955.
- [5] Weigert-Zimmermann: „Brockhaus ABC der Astronomie“. VEB D. A. Brockhaus Verlag Leipzig 1961.
- [6] Lindner: „Physik im Kosmos“. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1964.
- [7] Swart, H.: Über den Nachweis extraterrestrischen Lebens. In „Astronomie und Raumfahrt“ 1965, Heft 6.
- [8] Steinert: Die Zustandsgrößen der Sterne I. Karteikartenbeilage zu Heft 2/1966 der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“.

Wie weit und wie hoch flogen Raketen des 18. und des 19. Jahrhunderts?

W. STRUBELL

Diese Frage ist besonders heute im Zeitalter der Explorer und Sputniks, zu einer Zeit, da man sich anschickt, Menschen auf dem Monde landen zu lassen, besonders interessant. An zwei Beispielen für die in der Literatur Angaben über technische Daten der Raketen aus dem 18. und 19. Jahrhundert gefunden werden konnten, sollen die Berechnungen durchgeführt werden. Es handelt sich dabei einmal um eine preußische Kriegerakete aus dem 18. Jahrhundert und zum anderen um eine Brandrakete des Engländers Congreve, der sich 1823 sogar diese Herstellung patentieren ließ.

Mittels dieser technischen Daten [1] ist es möglich, das Massenverhältnis μ , die tatsächliche Ausströmgeschwindigkeit v_e , die Brennschlußgeschwindigkeit v_B sowie den Schub S , die Steighöhe h und die Wurfweite w der preußischen Rakete zu berechnen. Wir benötigen dazu den spezifischen Schub I_s des Schwarzpulvers und die Brenndauer t . Schmidt [2] gibt für den spezifischen Schub einen Wert von 241 sec an, die Brenndauer betrug etwa 5 sec.

Wir möchten in unserer Berechnung dem spezifischen Schub einen Wert von 200 sec zu Grunde legen. Dies ist deshalb berechtigt, weil einmal die Bestandteile des Schwarzpulvers nicht die Reinheit besaßen wie heute, zum anderen das Schlagen und Würgen der Rakete manuell erfolgen, wodurch ebenfalls Unregelmäßigkeiten im Abbrand auftraten, die sowohl den Schub als auch die Steighöhe sowie die Flugweite beeinflussen.

Es ergibt sich also:

Startmasse der Rakete	93 % = 46,5 kg = M_0
Treibstoff der Rakete	23 % = 11,5 kg = M_{Tr}
Leergewicht der Rakete	70 % = 35,0 kg = M_L

$$\text{Spezifischer Schub } I_s = \frac{v_e}{g_0} = 200 \text{ sec}$$

Brenndauer 5 sec

1. Massenverhältnis

$$\mu = \frac{M_0}{M_L} = \frac{46,5}{35} = 1,33$$

2. Tatsächliche Ausströmgeschwindigkeit:

$$v_e = I_s \cdot g_0 \quad g_0 = 9,81 \text{ m/sec}^2$$

$$v_e = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ m/sec}$$

3. Brennschlußgeschwindigkeit:

$$v_B = v_e \cdot 2,303 \cdot \log \mu = 1962 \cdot 2,303 \cdot 0,1239 = 560 \text{ m/sec}$$

4. Massendurchsatz:

$$\dot{m} = \frac{M_{tr}}{t} = \frac{11,5}{5} = 2,3 \text{ kg/sec}$$

5. Schub

$$S = \dot{m} \cdot v_e = 1962 \cdot 2,3 = 4513 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2$$

6. Mittlere Masse:

$$\bar{m} = M_0 - \frac{M_{tr}}{2} = 46,5 - 5,75 \sim 40 \text{ kg}$$

7. Beschleunigung:

$$a = \frac{S}{\bar{m}} = \frac{4513}{40} \sim 113 \text{ m/sec}^2$$

8. Brennschlußgeschwindigkeit:

$$v_B = a \cdot t = 113 \cdot 5 = 565 \text{ m/sec, was den bereits errechneten Wert bei 3. bestätigt.}$$

9. Wurfhöhe:

$$h = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot 113 \cdot 25 \sim 1400 \text{ m}$$

10. Schußweite, wenn die Rakete unter einem Winkel von 30° abgeschossen wurde
 $w \sim 1200 \text{ m}$

v. Malinowsky und v. Bonin [1] geben Schußweiten von 1 km und mehr an, was unsere Berechnungen bestätigen.

Die englische, von Congreve entwickelte Rakete besaß die folgenden technischen Daten:

Startmasse der Rakete	$M_0 = 9,8 \text{ kg}$
Treibstoff der Rakete	$M_{Tr} = 3,8 \text{ kg}$
Leergewicht der Rakete	$M_L = 6,0 \text{ kg}$
Spezifischer Schub I_s	$I_s = 241 \text{ sec}$
Brenndauer	$t = 4 \text{ sec}$

Aus diesen Angaben [3] lassen sich Schußhöhe und -weite berechnen (Überschlagsrechnung):

1. Massenverhältnis:

$$\mu = \frac{M_0}{M_L} = \frac{9,8}{6} = 1,635$$

2. Tatsächliche Ausströmgeschwindigkeit:

$$v_e = J_s \cdot g_0 = 241 \cdot 9,81 \sim 2400 \text{ m/sec}$$

3. Brennschlußgeschwindigkeit:

$$v_B = v_e \cdot 2,303 \cdot \log \mu = 2400 \cdot 2,303 \cdot 0,2135 = 1181 \text{ m/sec}$$

4. Massendurchsatz:

$$\dot{m} = \frac{M_{Tr}}{t} = \frac{3,8}{4} = 0,95$$

5. Schub:

$$s = \dot{m} \cdot v_e = 0,95 \cdot 2400 \sim 2400 \text{ kg m/sec}^2$$

6. Mittlere Masse:

$$\bar{m} = M_0 - \frac{M_{Tr}}{2} = 9,8 - \frac{3,8}{2} \sim 8 \text{ kg}$$

7. Beschleunigung:

$$a = \frac{s}{\bar{m}} = \frac{2400}{8} = 300 \text{ m/sec}^2$$

8. Brennschlußgeschwindigkeit:

$$v_B = a \cdot t = 300 \cdot 4 = 1200 \text{ m/sec}$$

9. Wurfhöhe:

$$h = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 16 = 2400 \text{ m}$$

10. Schußweite:

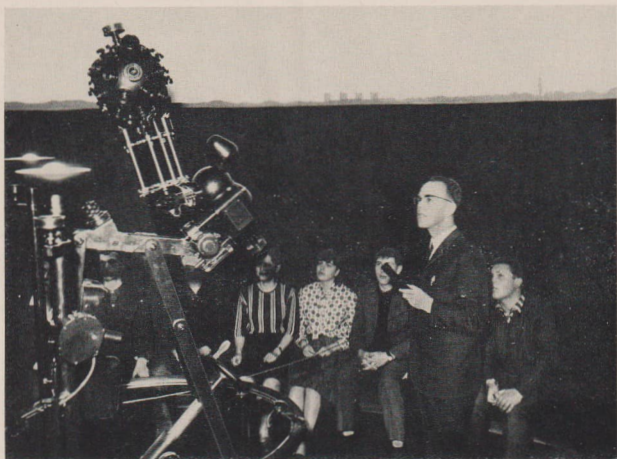
$$w \sim 2200 \text{ m}$$

Das sind Rechenergebnisse, die in der Praxis tatsächlich erreicht wurden.

Die Rakete war durch die Arbeiten von Congreve ebenso zielsicher geworden wie die Geschütze der damaligen Zeit, übertraf letztere aber in ihrer Reichweite.

Literatur:

- [1] L. v. Malinowsky und R. v. Bonin: Geschichte der brandenburgisch-preußischen Armee, Berlin 1841.
- [2] E. Schmidt: Technische Thermodynamik, Berlin 1950.
- [3] M. d'Arcet: Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale 13, 134 (1814).



Schulsternwarte Rostock. Oben: Planetarium. Unten: Unterrichtsraum.





Schulsternwarte Rostock

Mondaufnahmen.

Links: Erstes Viertel, Belichtungszeit 1 15 sec., focal, Ansatzkamera mit Exa II a, Obj. 150 600 2250 „Meniscas“, Film 18 10.

Oben: Nordöstlicher Teil des Mondes. Belichtungszeit 3 sec., Ansatzkamera mit Projektiv 1 : 4, Obj. 150 900 2250 „Meniscas“, Film 18 10.

Fotos: Weinert

Schulsternwarte Rostock.



Schüler während der Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis am 20. Mai 1966.



Schülergruppe während der Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis am Amateurfernrohr 80/1200 mit Projektions-
schirm.



Die Schulsternwarte Rostock

Es war gegen Ende des Jahres 1961, als der jetzige Leiter der Schulsternwarte, Bundesfreund Günter Weinert, Mitglied des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Deutschen Kulturbundes, dem damaligen Rostocker Stadtschulrat Hedwig, den Bau einer astronomischen Station vorschlug. Sie sollte als Beobachtungsstation und astronomische Bildungsstätte ein Zentrum für die Lehrerweiterbildung werden und gleichzeitig als Fachkabinett für den Astronomieunterricht an den Rostocker Schulen dienen.

Der Stadtschulrat war mit der Konzeption für das Projekt einverstanden, und die Direktoren der Rostocker Schulen stimmten zu, daß die aus dem Lehrmittelfonds des Stadtkreises zur Verfügung stehenden Mittel für den schulischen Astronomieunterricht für die Ausrüstung der astronomischen Station verwendet werden sollten. Eine Brigade der Hochbauprojektierung Rostock-Stadt (Architektenkollektiv Tauscher) erklärte sich bereit, die Projektierungsunterlagen als NAW-Leistung zu schaffen, die Betriebsberufsschule des VEB Wohnungs- und Gesellschaftsbau übernahm den Bau der Sternwarte als zusätzliche Planaufgabe, der Bau wurde zum Jugendobjekt erklärt.

Auch Schüler der Rostocker Schulen und Mitglieder der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes verpflichteten sich, einen Teil der notwendigen Arbeiten im NAW zu leisten und zwar vor allem die Vorbereitungsarbeiten für den Bau, die Ausschachtungsarbeiten (300 m³ Erde) sowie Fundamentierungs-, Handlanger- und Aufräumungsarbeiten. Der Rohbau (Maurer-, Beton-, Malerarbeiten u. a.) wurde errichtet von Lehrlingen des 1. Lehrjahres der Betriebsberufsschule des VEB Wohnungs- und Gesellschaftsbau und einer Maurerklasse der Polytechnischen Oberschule (9. Klasse) mit Berufsausbildung.

In den Jahren 1962–1965, als das Projekt von den zeichnerischen Unterlagen bis zum fertigen Bau gedieh, wurden nacheinander bereits Teile der Ausrüstung angeschafft und zwar die 3-m-Kuppel, das Kleinplanetarium und einige Fernrohre.

Am 28. August 1965 konnte die Schulsternwarte ihrer Bestimmung übergeben werden. Ihr Planetarium hat einen Durchmesser von 6 m, die drehbare Kuppel einen Durchmesser von 3 m, die Beobachtungsplattform (Terrassendach) ist 140 m² groß. Ein Unterrichts- und ein Arbeitsraum vervollständigen die räumliche Einrichtung der Sternwarte.

In der Kuppel ist ein Spiegelteleskop (Cassegrain-Meniskus 150/900/2250 mit einer Astrokamera 56/250) montiert, auf der Plattform stehen 4 Säulenstativen für 3 Amateurfernrohre 80/1200 und 1 Cassegrain-Spiegelteleskop 150/900/2250. Die parallaktischen Montierungen und die 4 Fernrohre sind im Turmbau der Kuppel untergebracht und können bei Bedarf schnell gebrauchsfähig eingesetzt werden. Außer der genannten Ausrüstung stehen für Arbeitsgemeinschaften und für die Durchführung von Beobachtungsaufgaben, die sich aus dem Unterricht ergeben, 5 Schülerfernrohre (63/840) auf Holzstativen zur Verfügung.

In der Sternwarte wurde bisher für 22 Klassen aus den Erweiterten Oberschulen und den polytechnischen Oberschulen Rostocks der gesamte Astronomieunterricht erteilt, 30 Klassen kamen zu bestimmten Unterrichtsstunden in die Schulsternwarte. Es wird angestrebt, daß künftig der Astronomieunterricht ausschließlich in der Sternwarte erfolgt, da hier alle benötigten Unterrichtsmittel jederzeit zur Verfügung stehen und die vorhandenen Fachlehrer für Astronomie kräftesparender und unterrichtsintensiver eingesetzt werden können.

Außer dieser Unterrichtsbarkheit widmet die Sternwarte sich sowohl der Weiterbildung der Lehrer des Bezirks Rostock, die im Fach Astronomie unterrichten, als auch der Ausbildung der Nichtfachlehrer. Die Weiterbildung der Fachlehrer erfolgt im Rahmen der Pädagogischen Woche der Universität Rostock, in der außer den zentralen Veranstaltungen alle Vorlesungen, Seminare und Übungen in der Schulsternwarte durchgeführt werden.

Astronomische Vorlesungen wurden 1966 folgende geboten: Die Aufgabenstellung der Schulsternwarte und des Planetariums – Moderne Aspekte zur Physik des interplanetaren Raumes – Die Keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz – Künstliche Erdsatelliten – Astronomische Navigation – Anwendung der Himmelsmechanik auf die Bewegung von Körpern, von Weltraumstationen und auf das Rendezvousproblem – Energiehaushalt der Fixsterne. Vortragende waren Prof. Dr. Lauter und Dr. Schmelowsky vom Observatorium für Ionenforschung Kühlungsborn, Dipl.-Physiker Köster und Herr Herms vom Physikalischen Institut

der Universität Rostock, Herr Uhlig von der Seefahrtsschule Wustrow, Herr Schukowski vom Rat des Bezirkes Rostock (Abt. Volksbildung), und der Leiter der Schulsternwarte, Bundesfreund Weinert.

Die Pädagogische Woche der Universität Rostock im Februar 1967 sieht die Behandlung der Themenkreise „Philosophische Grundlagen in der Astronomie“ und „Astrophysik“ vor.

Für die Ausbildung der Nichtfachlehrer ist ein langfristiges Programm über 3 Schuljahre (1966/67, 1967/68, 1968/69) beschlossen, mit jährlich 3 Wochenendveranstaltungen jeweils in Rostock, Stralsund und Wismar bzw. Schwerin.

Die Themen der 1. Veranstaltung sind: Einführung in die ebene Trigonometrie (3 Stunden) – Die drehbare Sternkarte (2 Stunden) – Kartenwerke für den Astronomieunterricht (1 Stunde) – Die Keplerschen und Newtonschen Gesetze (3 Stunden). In der 2. Veranstaltung werden behandelt: Einführung in die sphärische Trigonometrie mit Anwendungen auf die Erdkugel (3 Stunden). – Zustandsgrößen der Sterne (4 Stunden). – Methodik astronomischer Schülerübungen (2 Stunden) Die 3. Veranstaltung bringt folgende Themen: Astronomische Anwendungen der sphärischen Trigonometrie (3 Stunden). – Übungen im Planetarium unter besonderer Berücksichtigung der Methodik (4 Stunden) – Die Sternentwicklung (2 Stunden).

Auch für die Weiterbildung der Nebenfachlehrer ist ein Wochenend-Lehrgangsprogramm ausgearbeitet worden.

Zu den weiteren Aufgaben, die von der Sternwarte übernommen wurden, gehört die Einrichtung von Jugendstunden zur Vorbereitung auf die Jugendweihe, die Anleitung von Schülerarbeitsgemeinschaften und die Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Astronomie des Deutschen Kulturbundes sowie die Übernahme von Übungen und Beobachtungsaufgaben für die Ausbildung der Mathematik- und Physikstudenten der Universität Rostock.

Einen wesentlichen Beitrag leistet die Schulsternwarte ebenfalls bei der Ausbildung künftiger Schiffsoffiziere an der Betriebsakademie des VEB Fischkombinat Rostock und für den Unterricht der Hochseefischerlehrlinge an der Betriebsberufsschule des Fischkombinats nach einer, jeweils für ein Jahr gültigen Vereinbarung mit dem VEB, die nach dem Gegenseitigkeitsprinzip folgendes vorsieht:

1. Das Fischkombinat unterstützt die Schulsternwarte. Die Angehörigen der Betriebsakademie und der Betriebsberufsschule leisten 600 NAW-Stunden für den Ausbau der Station. Navigationsgeräte, die der VEB entbehren kann, werden der Station ohne Wertausgleich übergeben. Für Tischler-, Elektriker- und Schlosserarbeiten stellt das Kombinat bis zu 200 Stunden mit einem Wert von 1000 MDN für Kleinreparaturen zur Verfügung. Zwecks besserer Verbindung von theoretischer Ausbildung und Praxis können 2 Mitarbeiter der Station an einer Fahrt auf einem Verarbeitungsschiff teilnehmen. Für die Nutzung der Station, den Verschleiß der Geräte, für Neuanschaffungen und für die kostenlosen Vorträge, Übungen und Unterrichtsstunden stellt der VEB der Station 2000 MDN aus seinem Kulturfonds zur Verfügung.

2. Die Mitarbeiter der Schulsternwarte (Station) unterstützen die Erwachsenenqualifizierung im Rahmen der Betriebsakademie sowie der Studierenden der Fischwirtschaft an der Ingenieur-Schule Warnemünde durch Unterrichtsstunden, Vorträge und Vorführungen im Planetarium. Sie fördern die Lehrlingsausbildung im VEB und betreuen astronomische Arbeits- und Interessengemeinschaften der Lehrlinge. Sie halten allgemeinbildende Vorträge für die Angehörigen des VEB und seine ehemaligen Mitarbeiter (Veteranen). Sie werben unter den Schülern der 10. Klassen, die in der Schulsternwarte den Fachunterricht erhalten, für die Berufsrichtung „Hochseefischer“.

Seit der Eröffnung der Schulsternwarte wurde sie bereits von Lehrerdelegationen aus der Sowjetunion, Polen, Bulgarien, Frankreich, Belgien und Dänemark besucht, die sich über den Astronomie-Fachunterricht an der Sternwarte informierten. Die Zahl der nach Vereinbarung mit der Sternwartenleitung an Führung und Vortrag teilnehmenden Besucher aus Gewerkschafts- bzw. Touristengruppen ist auf über 10 000 angewachsen. Die Erfolge der Schulsternwarte bei der wissenschaftlichen Ausbildung der Lehrer und im Astronomieunterricht für die Schüler sowie bei der Erfüllung der weiteren genannten Aufgaben und Verpflichtungen sind zugleich Erfolge bei der Formung und Festigung des wissenschaftlichen Weltbildes weiter Kreise unserer Werktätigen.

4 Supernovae in 1000 Jahren

Im Jahre 1054 entdeckten chinesische Astronomen eine Supernova. Noch heute kündigt die wegen ihrer Form Crabnebel genannte „Explosionswolke“ von dieser kosmischen Katastrophe. Dieser, sich noch immer ausdehnende Nebel, ist eine Quelle intensiver Radiostrahlung.

Der amerikanische Astronom Bernhard R. Goldstein von der Yale-Universität entdeckte kürzlich in alten ostasiatischen und arabischen Handschriften Hinweise auf die Beobachtung einer Supernova aus dem Jahre 1006.

Als nun die beiden australischen Astronomen F. F. Gardner und D. K. Milne den 63 m breiten Schirm ihres riesigen Radioteleskops auf die in den alten Handschriften angegebene Stelle des Himmels richteten, fanden sie tatsächlich eine ausgedehnte Quelle der typischen Radiostrahlung, wie sie von den Resten einer Supernova ausgesendet wird.

Mit dieser neuen Entdeckung wurde bestätigt, daß in der Milchstraße innerhalb der letzten 1000 Jahre vier Supernovae beobachtet wurden: 1006 von japanischen und arabischen Astronomen; 1054 von chinesischen Sternkundigen; 1572 von Tycho Brahe; 1604 von Johannes Kepler.

H. H.

Radius 1000 Lichtjahre

Sowjetische Astronomen haben sich die interessante Aufgabe gestellt, mit den größten Radioteleskopen systematisch den Himmel nach Signalen von außerirdischen intelligenten Lebewesen abzutasten. Die besten Geräte, die dafür eingesetzt werden, können noch Radiowellen empfangen, die so schwach sind, daß jeder Quadratmeter der Radioantenne eine Energiezufuhr von nur 10^{-27} Watt erhält. Bei dieser Empfindlichkeit können die Teleskope 1000 Lichtjahre tief in die Milchstraße vordringen. In der Kugel mit einem Radius von 1000 Lichtjahren um unsere Erde können dadurch 10 Millionen Sterne erfaßt werden.

Um sicher zu sein, daß ein empfangenes Signal von intelligenten Lebewesen stammt, muß es die Antwort auf ein ausgesandtes Signal sein. Am Himmel gibt es aber nur 50 Sterne, mit denen innerhalb eines Menschenlebens ein einmaliger Signalaustausch möglich ist. Bis zu den entfernteren von ihnen wäre das Signal von der Erde 30 Jahre unterwegs.

H. H.

Satelliten-Fernmeldestationen für Mondexpeditionen

Nach einer Untersuchung des amerikanischen Ingenieurs Neuner von der Firma TRW Systems in Kalifornien bestünde die günstigste Lösung einer ständigen Verbindung zwischen mehreren Expeditionen auf dem Mond in der Errichtung eines Systems von synchronen Satelliten, die sich ständig an einer fixierten Stelle über der Oberfläche mit dem Mond bewegen würden. Da der Mond gegenüber der Erde eine viel langsamere Rotation hat – er bewegt sich in rund 28 Tagen einmal um seine Achse – müßte die Bahn eines Synchron-Satelliten in 88 500 km Höhe über der Mondoberfläche verlaufen. Die Kosten für die Errichtung eines solchen Systems einschließlich der für eine zehnjährige Betriebszeit wurden auf rund 200 Millionen Dollar veranschlagt.

H. P.

Kein Interesse für internationale Nachrichten-Satelliten

Das unter amerikanischem Einfluß stehende Internationale Nachrichtensatelliten-Konsortium hat an 51 Länder der Erde die Aufforderung gerichtet, Vorschläge für einen Vielzweck-Nachrichtensatelliten einzureichen. Der Satellit sollte 1972 gestartet werden. Auf diese Aufforderung reagierten nur die USA und zwar die Firmen Boeing, General Electric, Hughes, Lockheed, Philco, Radio Corporation of America und TRW Systems.

H. P.

Aus der Literatur

Vorbereitungen auf die Rückkehr des Halleyschen Kometen

Älteren Beobachtern ist der prächtige Halleysche Komet noch in Erinnerung, der 1910 die Welt in Staunen versetzte. Da dieser Komet eine Umlaufzeit von 75 Jahren hat, wird er 1985/86 wiederkehren. Um Unterlagen für seine Beobachtung zu erhalten, hatte der argentinische Astronom Jorge Bobone (Sternwarte Cordoba) auf Grund der 1910 gemachten Beobachtungen eine neue Bahnberechnung des Kometen begonnen. Bobone starb jedoch 1959.

Seine Arbeiten wurden von Pedro E. Zadunalsky (Universität Buenos Aires) fortgesetzt. Es wurden nicht weniger als 2600 Positionsmessungen von mehr als 50 Sternwarten benutzt, die zwischen August 1909 und Mai 1911 erhalten worden waren. Man fand, daß die Beobachtungen vor dem Periheldurchgang des Kometen (20. April 1910) auf eine etwa 19 Tage längere Laufzeit führten, als die Beobachtungen vor dem Periheldurchgang. Zur Klärung des Sachverhaltes will man nun noch die Beobachtungen von 1835 einbeziehen.

Sky an Telescope, 32.2.71, August 1966.

Nochmals: Raketenexperiment in Süddeutschland beobachtet

Unter der obigen Überschrift wurde in Heft 6/66 über eine von einem Raketenexperiment in der Sahara herrührende Leuchterscheinung berichtet, wobei am Schluß angedeutet wurde, daß derartige Leuchterscheinungen auch in noch größerer Entfernung von ihrem Ursprungsort sichtbar sein sollten. Inzwischen wurden weitere Beobachtungen dieser Leuchterscheinung bekannt. So berichten in „Die Sterne“ 42. 7/8, 172, 1966 H. Busch und K. Häussler aus Hartha (Bezirk Leipzig) über diese Leuchterscheinung und bringen sogar eine Aufnahme derselben. Ferner teilt Herr Prof. Dr. Hoffmeister an derselben Stelle mit, daß die Leuchterscheinung auch an der Sternwarte Sonneberg, der Volkssternwarte Radebeul (bei Dresden), in Schneeberg (Erzgebirge) und in Sülzhayn (Harz) gesehen wurde.

J. CLASSEN

Erste „Satellitenfirma“

Die japanische Firma Nippon Electric Ltd., die an dem Projekt des japanischen Relais-satelliten mitarbeitet, und der amerikanische Hughes Aircraft Konzern, Entwickler und Produzent der Nachrichtensatelliten „Syncom“ und „Early Bird“ gründeten die erste Firma, die sich ausschließlich mit der Weltraumtechnik befassen soll. Aufgabe der „Satellite Telecommunications Company“ (SATELCO) ist der Vertrieb von Satelliten-Nachrichtenverbindungen, Bodenstationen und Ausrüstungen.

Int. Elektron. Rundschau, 20 (1966), H. 10, S. 608.

Apollo-Raumschiff nicht nur zum Mond?

Das amerikanische Mondlande-Raumschiff Apollo soll nach neuesten Meldungen nicht nur für den bemannten Mondflug eingesetzt werden. Als „Inspektionssatellit“ will man es auch dafür verwenden, kommerzielle Satelliten, insbesondere synchrone Nachrichtensatelliten, aus der Umlaufbahn wieder zur Erde zurückzuholen, um sie nach einer Generalreparatur erneut in die Umlaufbahn zu schießen.

Elektronik, 14 (1965), H. 12, S. E 115

Sowjetunion plant Nachrichtensatelliten für Direktempfang

Nach einer Mitteilung des Präsidenten der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften, Prof. Keldysch, beabsichtigt die Sowjetunion, innerhalb der nächsten fünf Jahre die Voraussetzungen zu schaffen, um von Relaisatelliten ausgestrahlte Fernsehsendungen direkt mit Heimempfängern aufnehmen zu können.

Pressemeldungen.

Leitschiffe für Apollo-Mondflug

Um mit dem Apollo-Mondflugkörper auch dann Funkverbindungen aufrechterhalten zu können, wenn es sich außerhalb der Reichweite von stationären Bodenstationen befindet, werden gegenwärtig drei Leitschiffe mit speziellen Multiplexeinrichtungen ausgerüstet. Die von den Schiffen aufgenommenen Sprach-, Telemetrie- und Bahnsignale werden in diesen Multiplexgeräten für die Übertragung über Sprechkanäle aufbereitet und dann über Nachrichtensatelliten in das Kontrollzentrum Houston in Texas übermittelt.

Int. Elektron. Rundschau, 20 (1966), H. 9, S. 507.

H. D. N.

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.-Gewl. Herbert Pflaffe

Über einige Probleme des Strahlenschutzes bei kosmischen Flügen II

H. SWART

Die solare kosmische Strahlung

Auf der Sonne existieren zwei verschiedene Quellen für ionisierende Strahlen:

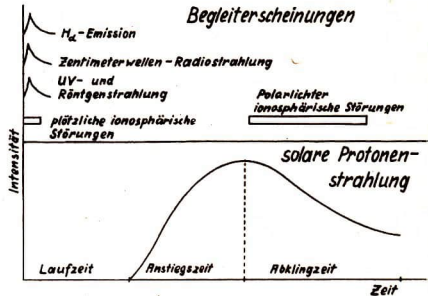
1. Die Sonnenkorona sendet einen kontinuierlichen Strom niederenergetischer Korpuskeln (Elektronen, Protonen, Alphateilchen) sowie weiche Röntgenstrahlen aus. Die mittlere Intensität beträgt etwa 10^8 Teilchen/cm² · s. Die Energie der Partikel liegt zwischen 100 und 1000 eV (7). Diese Strahlung wird bereits in den äußersten Schichten eines Raumschiffes absorbiert und führt deshalb zu keiner Strahlenexposition der Besatzung.
2. Von Zeit zu Zeit treten in der Sonnenchromosphäre kurzzeitige Gasausbrüche (Eruptionen) auf, die mit einer starken Strahlungsemission verbunden sind. Diese Strahlung wird wegen ihrer Zusammensetzung (95 Prozent Protonen, Rest hauptsächlich Alphateilchen sowie 0,1 bis 1 Prozent leichte Kerne mit $Z = 3-10$) in Analogie zur galaktischen kosmischen Strahlung, solare kosmische Strahlung genannt. Häufig findet man auch die Bezeichnung „solare Protonenstrahlung“.

Nicht alle Sonneneruptionen führen zu derartigen Protonenausbrüchen. Tritt ein solcher jedoch auf, so wird er stets von einigen typischen Erscheinungen begleitet, die als Warnsignale von großer Bedeutung sind:

- a) visuell sichtbare, charakteristische H α -Emission,
- b) intensive Radiostrahlung (Radioburst) mit Frequenzen von 50–10 000 MHz, besonders charakteristisch im Zentimeterwellen-Bereich,
- c) die verstärkt ausgesandten solaren Röntgen- und UV-Strahlen führen zu plötzlichen Störungen in der Erdionosphäre.

Man unterscheidet bei den Eruptionen zwischen „nichtrelativistischen Ausbrüchen“ (Typ A; z. B. am 12. 11. 1960) mit Energiespektren bis 500 MeV und „rela-

Abb. 3
Verlauf und Begleiterscheinungen eines solaren Protonenausbruchs.



tivistischen“ oder „Hochenergieausbrüchen“ (Typ B; z. B. am 23. 2. 1956) mit Energiespektren bis 50 GeV. In den Jahren 1957 bis 1961, also während des letzten Maximums der Sonnenaktivität, traten 27 starke Eruptionen (Stärke 3 und 3+) des Typs A auf. Dagegen wurden in den letzten 20 Jahren nur fünf starke Eruptionen des Typs B beobachtet.

Die solaren Protonen breiten sich im interplanetaren Raum auf Spiralbahnen aus. Ihre Laufzeit zur Erde hängt in erster Linie von ihrer Energie ab. Aber auch die interplanetaren Magnetfelder üben einen gewissen Einfluß aus. Als Laufzeit wird die Zeit definiert, die vom Maximum des visuell sichtbaren Gasausbruchs bis zur Ankunft der ersten Partikel auf der Erde verstreicht. Sie liegt zwischen mehreren Minuten bei hochenergetischen und mehreren Stunden bei weniger energiereichen Partikeln.

Auch die Anstiegszeit der Intensität der solaren Protonenstrahlung, d. h. die Zeit von der Ankunft der ersten Partikel bis zum Erreichen der maximalen Intensität, ist stark von der Energie der emittierten Teilchen abhängig. Sie reicht von mehreren Minuten bei Eruptionen mit hochenergetischen Protonen bis zu mehreren Stunden bei Eruptionen mit niederenergetischen Teilchen.

Das Abklingen der Intensität der solaren kosmischen Strahlung ist eine Exponentialfunktion der Zeit und abhängig von der Partikelenergie. Definieren wir nach (8) eine charakteristische Abklingzeit t_a , so gilt die folgende Gleichung für die Abhängigkeit der Intensität I der solaren Partikel mit Energien $> E$ von der Zeit t nach dem Auftreten der maximalen Intensität $I_{\max}(E)$:

$$I = I_{\max}(E) \cdot e^{-t/t_a}$$

Die Abklingzeit t_a ist eine Funktion der Teilchenenergie. Sie bewegt sich zwischen 3 bis 4 Stunden bei Eruptionen mit hochenergetischen Partikeln und 2 bis 3 Tagen bei Eruptionen mit niederenergetischen Partikeln.

In Abbildung 3 sind Verlauf und Begleiterscheinungen eines solaren Protonenausbruchs schematisch dargestellt.

Die solaren Protonen erleiden beim Durchlaufen des Erdmagnetfeldes eine Ablenkung in Richtung der Pole und lösen bei ihrem Eintritt in die Atmosphäre Polarlichter und anhaltende Störungen der Ionosphäre aus. Der Ablenkungseffekt ist infolge der geringeren Energie der solaren Protonen stärker als bei der galaktischen

kosmischen Strahlung. Deshalb besteht rings um die Erde innerhalb 45 Grad nördlicher und südlicher Breite bis in einige tausend Kilometer Höhe ein weitgehend gegen solare Protonen abgeschirmter Bereich (7).

In Tabelle 7 sind einige charakteristische Angaben für 15 der stärksten Protonenausbrüche während der Jahre 1956 bis 1961 angegeben. Dieser Zeitraum ist zum Vergleich insofern bedeutsam, als in ihn das letzte Aktivitätsmaximum der Sonne fiel, und die bemannten Mondflüge bekanntlich in den Jahren 1969/70, also während des nächsten Maximums, beginnen sollen. Es zeigt sich, daß in keinem Falle die integrierte Intensität der Protonen mit Energien > 30 MeV einen Wert von 10^{10} p/cm² und derjenigen mit Energien > 100 MeV einen Wert von 10^9 p/cm² überstiegen. Diese Grenzwerte dienen deshalb als Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der notwendigen Abschirmung von Raumfahrzeugen.

In Perioden maximaler Sonnentätigkeit erfolgen jährlich etwa 5 bis 13 Eruptionen des Typs A. In Jahren der ruhigen Sonne werden nur etwa 30 bis 50 Prozent dieses Wertes erreicht. „Hochenergieausbrüche“ des Typs B ereignen sich ein- bis zweimal im Laufe von fünf Jahren.

Nach (3) kann die Wahrscheinlichkeit, daß während eines Raumflugs keine Eruption, eine Eruption, zwei Eruptionen usw. erfolgen, nach der Gleichung

$$W_n = \frac{(k \cdot t)^n}{n!} e^{-k \cdot t} \quad \text{errechnet werden (Tabelle 8).}$$

Dabei sind

W_n = Wahrscheinlichkeit des Auftretens von n Eruptionen während der Flugzeit t

k = durchschnittliche Häufigkeit der Eruptionen
für Typ A: 0,03 Eruptionen/Tag
für Typ B: 0,0011 Eruptionen/Tag

Setzen wir $n = 0$, so vereinfacht sich die Gleichung zu $W_0 = e^{-k \cdot t}$

Die Strahlenbelastung infolge der solaren kosmischen Strahlung

Protonen mit Energien < 30 MeV werden im Mantel der Raumschiffe absorbiert. Die Reichweite der Protonen im menschlichen Gewebe (Dichte etwa 1 g/cm³) ist von ihrer Energie abhängig (7):

Energie, MeV	30	100	500
Reichweite, cm	1,5	10	100

Je nach dem Energiespektrum der solaren Strahlung bestehen deshalb größere oder kleinere Unterschiede zwischen den Dosen, die von der Haut oder vom ganzen Körper akkumuliert werden. Auch der RBW-Faktor ist energieabhängig und beträgt für solare Protonen im Mittel etwa 1,5. Entscheidend für die Strahlenbelastung der Kosmonauten ist die Integraldosis jeder Eruption. Da für die früheren Ausbrüche direkte Meßwerte der Dosis fehlen, werden diese aus den Energiespektren rechnerisch ermittelt.

Keller und Pruett (8) errechneten die Hautdosen, die hinter einer Abschirmung von 1; 2; 4 und 10 g/cm² bei den größten Eruptionen des letzten Sonnenaktivitätsmaximums aufgenommen worden wären (Tabelle 9). Sie schlußfolgern, daß für militärische Raumfahrzeuge eine Abschirmung von 4 g/cm² einen annehmbaren Kompromiß zwischen dem Gewicht der Abschirmung und dem Strahlenschutz gegen solare Protonenausbrüche darstellt. Während der sechsjährigen Periode 1956

Tabelle 7

Charakteristische Daten von 15 der stärksten solaren Protonenausbrüche in den Jahren 1956 bis 1961 (nach 8)

Datum	Lauf- und Anstiegszeit (h)		Abklingzeit (h)		Maximale Intensität (Protonen/cm ² · s)		Integrierte Intensität (Protonen/cm ²)	
	> 30 MeV	> 100 MeV	> 30 MeV	> 100 MeV	> 30 MeV	> 100 MeV	> 30 MeV	> 100 MeV
1956 23. 2.	10—16	4—6	36	18	5 · 10 ⁴	1 · 10 ⁴	8 · 10 ⁹	8 · 10 ⁸
1957 20. 1.					2—5 · 10 ³	1—3 · 10 ³	~ 3 · 10 ⁸	10 ⁷
29. 8.					2—3 · 10 ³	~ 10	5 · 10 ⁷	
1958 23. 3.			40	20	2 · 10 ³	~ 50	4 · 10 ⁸	5 · 10 ⁸
7. 7.			32	16—20	2—3 · 10 ³	~ 80	5 · 10 ⁸	7 · 10 ⁸
26. 8. ~ 9			12		1,1 · 10 ³		5,3 · 10 ⁷	
1959 10. 5.	18—22	12—18	22	10—14	1,1 · 10 ⁴	1,5 · 10 ³	1,2 · 10 ⁹	7,5 · 10 ⁷
10. 7.	30—40	18—20	40	20	3 · 10 ³	1,2 · 10 ³	8 · 10 ⁸	1,2 · 10 ⁸
14. 7.	16—20	12—18	18	9—12	1,7 · 10 ⁴	2 · 10 ³	2 · 10 ⁹	1,2 · 10 ⁸
16. 7.	12—14	4—5	30	18	1,5 · 10 ⁴	5 · 10 ³	3 · 10 ⁹	2 · 10 ⁸
1960 3. 9.	12—16	7—9	32	26	2,4 · 10 ²	60	4 · 10 ⁷	7 · 10 ⁶
12. 11.	12—16	8—10	18—24	14—18	2,4 · 10 ⁴	2,5 · 10 ³	2,7 · 10 ⁹	2,4 · 10 ⁸
15. 11.	10—16	3—5	16—20	8—12	1,7 · 10 ⁴	2,4 · 10 ³	2 · 10 ⁹	1,5 · 10 ⁸
20. 11.	3—4	~ 1	10—16	4—6	1 · 10 ³	3 · 10 ²	6 · 10 ⁷	6 · 10 ⁶
1961 18. 7.	6—10	2—3	24	12	2,5 · 10 ³	6 · 10 ²	2,5 · 10 ⁸	3 · 10 ⁷

Tabelle 8

Wahrscheinlichkeit (Prozent) des Auftretens von solaren Protonenausbrüchen während verschieden langer kosmischer Flüge (nach 3)

Typ A

Zahl der Eruptionen n	Flugdauer (Tage)							
	1	5	10	15	20	50	100	200
0	97,0	86,1	74,1	63,8	54,9	22,3	5,0	0,2
1	3,0	12,9	22,2	28,7	32,9	33,4	14,9	1,5
2	—	1,0	3,3	6,5	9,9	25,1	22,4	4,5
3	—	—	0,4	1,0	2,0	12,5	22,3	8,9
4	—	—	—	—	0,3	4,7	16,8	13,4
5	—	—	—	—	—	1,4	10,1	16,1
6	—	—	—	—	—	0,4	5,0	16,1
7	—	—	—	—	—	—	2,2	11,8
8	—	—	—	—	—	—	—	10,3
9	—	—	—	—	—	—	—	6,9

Typ B

Zahl der Eruptionen n	Flugdauer (Tage)						
	1	10	50	100	200	365	730
0	99,9	98,9	94,6	89,6	80,2	66,9	44,8
1	0,1	1,1	5,2	9,8	17,7	26,9	36,0
2	—	—	0,2	0,6	1,9	5,4	14,4
3	—	—	—	—	0,2	0,7	3,9
4	—	—	—	—	—	0,1	0,8

Tabelle 9

Strahlungsdosen (rad) der stärksten solaren Protonenausbrüche in den Jahren 1956–1961 (nach 8)

Datum der Eruption		Integrierte Hautdosen für verschiedene Abschirmungsstärken (im freien Weltraum)			
		1 g/cm ²	2 g/cm ²	4 g/cm ²	10 g/cm ²
1956	23. 2.	280	180	100	48
1957	20. 1.	100	25	5,9	0,8
	29. 8.	16	4,4	1,2	0,2
1958	23. 3.	170	29	4,9	0,5
	7. 7.	210	37	6,5	0,6
	26. 8.	17	4,7	1,3	0,2
1959	10. 5.	360	110	31	5,8
	10. 7.	190	72	28	7,7
	14. 7.	610	180	50	9,2
	16. 7.	890	270	78	15
1960	3. 9.	8,8	3,6	1,5	0,4
	12. 11.	740	240	78	18
	15. 11.	580	180	55	11
	20. 11.	16	5,3	1,8	0,4
1961	18. 7.	62	23	8,2	2,0

Tabelle 10

Errechnete Ganzkörperdosen hinter verschiedenen Al-Abschirmungen bei Sonnen-eruptionen am 12. 1. 1960 (Typ A) und 23. 2. 1956 (Typ B) (nach 3)

Abschirmung g/cm ²	Ganzkörperdosen (rem)	
	Eruption am 12. 1. 1960	Eruption am 23. 2. 1956
0,1	520	142
0,2	350	135
0,5	203	116
1,0	135	98
2,0	89	83
4,0	51	65
6,0	36	53
8,0	28	44
10,0	23	39
20,0	12,2	24,5
50,0	3,7	12,7

Tabelle 11

Errechnete Strahlungsdosen (rad), die in der Gemini-Raumkapsel von den Kosmonauten bei einigen Sonneneruptionen aufgenommen worden wären (nach 9)

	Eruption am 14. 7. 1959		Eruption am 12. 11. 1960		Eruption am 23. 2. 1956	
	a	b	a	b	a	b
Im freien Weltraum	145	2,5	128	8,9	92	16
400-km-Kreisbahn						
90 Grad Neigung	45	0,9	41	3,3	31	7
60 Grad Neigung	17	0,4	17	1,7	13	4

a = Hautdosis; b = Dosis im Körpermittelpunkt

bis 1961 trat keine einzige Eruption auf, die hinter dieser Abschirmung zu akuten Strahlenschäden geführt hätte, und nur bei fünf Ausbrüchen lagen die Hautdosen zwischen 50 und 100 rad.

Von Bobkow u. a. (3) wurden die Ganzkörperdosen bei einer Eruption der Typen A und B für verschiedene Abschirmungsstärken errechnet (siehe Tabelle 10). Hinter einer Abschirmung von 5–7 g/cm² liegen die Ganzkörperdosen bei den häufigsten Eruptionen zwischen 0,5 und 50 rem.

Den Einfluß des Erdmagnetfeldes auf die solare kosmische Strahlung berücksichtigten Jones, Adams und Russel (9). Sie berechneten am Beispiel der Gemini-Raumkapsel die von den Kosmonauten bei verschiedenen Sonneneruptionen im freien Weltraum sowie in einer 400-km-Kreisbahn mit 90 bzw. 60 Grad Neigung aufgenommenen Strahlungsdosen (Tabelle 11). Die abschirmende Wirkung des Erdmagnetfeldes ist deutlich erkennbar.

Die solare kosmische Strahlung stellt beim gegenwärtigen Stand der Raumflugtechnik das Hauptproblem des Strahlenschutzes dar. Ereignet sich z. B. während eines Mondfluges eine Sonneneruption, so kann der damit verbundene Protonenschauer die Strahlenbelastung der Besatzung auf das Zehnfache des Wertes der normalerweise infolge der galaktischen kosmischen Strahlung und des Strahlungsgürtels der Erde unvermeidbaren Dosis erhöhen. Werden Kosmonauten auf der Mondoberfläche oder frei im Raum schwebend von einem starken Protonenausbruch überrascht, so können sie unter ungünstigen Umständen sogar eine tödliche Strahlungsdosis aufnehmen. Neben ausreichender Abschirmung des Raumfahrzeuges ist deshalb ein gut funktionierendes Warnsystem für die Kosmonauten lebensnotwendig.

Die Strahlungsgürtel der Erde

Im Jahre 1958 wurden mit Hilfe von Satelliten und Raumsonden die Strahlungsgürtel der Erde entdeckt.

Der innere Strahlungsgürtel erstreckt sich zwischen 45 Grad nördlicher und südlicher Breite in einer Höhe von etwa 500 bis 10 000 km. Die maximale Intensität tritt in etwa 3400 bis 3600 km Höhe über dem geomagnetischen Äquator auf. Der Gürtel besteht aus Protonen mit hoher Energie und Elektronen. Seine Existenz ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß das Magnetfeld der Erde wie eine magnetische Falle die geladenen Kernreaktionsprodukte einfängt, die durch die Wechselwirkung der galaktischen kosmischen Strahlung mit den Molekülen und Atomen der Erdatmosphäre entstehen.

Der äußere Strahlungsgürtel liegt zwischen 10 000 und 60 000 km über dem Äquator und nähert sich der Erdoberfläche im Bereich der 55. bis 70. Breitengrade bis auf etwa 300 km. Die maximale Intensität tritt zwischen 15 000 und 20 000 km Höhe auf. Der äußere Gürtel besteht aus Protonen mit geringer Energie sowie Elektronen. Seine Herkunft ist noch umstritten. Möglicherweise entsteht er dadurch, daß die von der Sonne ankommenden Korpuskulatorströme unmittelbar vom Erdmagnetfeld eingefangen werden.

Im Bereich der südatlantischen Magnetfeldanomalie deren Zentrum sich etwa auf dem 30. Grad südlicher Breite befindet, nähert sich der Strahlungsgürtel der Erdoberfläche bis auf 200 km.

Die Strahlungsintensität in den Zentren der beiden Gürtel ist aus Tabelle 12 ersichtlich. Das Energiespektrum der Protonen des inneren Gürtels reicht bis 700 MeV,

d. h. es ist ähnlich wie bei den solaren Protonenausbrüchen des Typs A. Die Elektronen des äußeren Gürtels besitzen meist Energien unter 5 MeV.

In Abhängigkeit von der elfjährigen Periode der Sonnenaktivität schwankt die Intensität der Protonen des inneren Gürtels zwischen 2/3 und 4/3 des Mittelwertes. Als Folge solarer Protonenausbrüche können kurzzeitige Intensitätsschwankungen auftreten, die jedoch 10 Prozent des Mittelwertes nicht übersteigen.

Die Intensität des äußeren Gürtels erleidet im Verlaufe solarer Protonenausbrüche starke Schwankungen. Kurzzeitig kann der Normalwert um das Zehn- bis Hundertfache überschritten werden.

Die Strahlenbelastung in den Strahlungsgürteln der Erde

Im inneren Strahlungsgürtel sind allein die energiereichen Protonen für die Strahlenbelastung der Kosmonauten entscheidend. Ihre Reichweite im Gewebe ist mit der der solaren Protonen vergleichbar. Eine vollständige Abschirmung würde eine Materialstärke von etwa 100 g/cm² erfordern.

Die Gefährdung durch die Elektronen ist im Vergleich zu den Protonen in beiden Gürteln bedeutend geringer, da die Elektronen bereits in einer Abschirmung von 1–2 g/cm² fast vollständig absorbiert werden. Dabei entsteht allerdings eine intensive Bremsstrahlung (Röntgenstrahlung). Bei Abschirmungen unter 1 g/cm² beruht daher der Hauptanteil der Strahlenexposition im Inneren eines Raumschiffes auf den durchdringenden Elektronen, bei Abschirmungen über 1 g/cm² überwiegt dagegen der Anteil der Bremsstrahlung.

Keller und Pruett (8) schätzten die Strahlenexposition in den beiden Gürteln für 1968 ein. Abbildung 4 zeigt die errechneten biologischen Gesamtdosen, die pro Tag hinter verschiedenen Abschirmungsstärken in einer 30 Grad geneigten Kreisbahn in Abhängigkeit von der Flughöhe aufgenommen werden. Den Berechnungen liegen Aluminiumabschirmungen von 0,5; 1,0; 2,0 und 4,0 g/cm² zugrunde. 0,5 g/cm² ist für Raumanzüge, 1–2 g/cm² für nicht besonders abgeschirmte und 4 g/cm² für leicht abgeschirmte Raumschiffe typisch. Es zeigt sich, daß in den Strahlungsgürteln die Dosisleistungen außerordentlich hoch sind. Im Maximum des inneren Gürtels beträgt die Dosisleistung hinter einer Abschirmung von 1–2 g/cm² etwa 12 rad/h bzw. 20 rem/h für die Exposition der Haut und etwa 12 rem/h für die Ganzkörperexposition. Im Maximum des äußeren

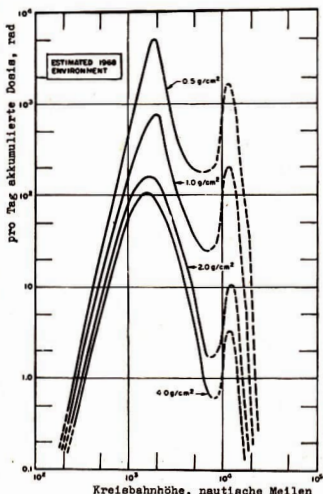


Abb. 4
Für 1968 geschätzte Strahlenexposition in einer 30° geneigten Kreisbahn.

Gürtels ist hinter einer Abschirmung von 1 g/cm^2 mit einer Dosisleistung von etwa 10 rad/h zu rechnen. In Tabelle 13 ist die Zeit angegeben, in der hinter verschiedenen Abschirmungen in Kreisbahnen mit 30 und 90 Grad Neigung in Abhängigkeit von der Flughöhe die Toleranzdosis von 50 rad aufgenommen wird.

In einer Äquatorialbahn ist die Strahlenbelastung bei Flughöhen über 1000 km noch etwas höher als in der 30-Grad-Bahn, bei Flughöhen unter 1000 km liegt sie jedoch bedeutend niedriger, da auf der Äquatorialbahn die intensiven Strahlungszonen der südatlantischen Anomalie gemieden werden. Ein großer Teil der durch geomagnetisch eingefangene Teilchen bedingten Strahlenbelastung entsteht bei Flughöhen unter 1000 km beim Durchfliegen der südatlantischen Anomalie. Dieser Effekt ist bei Satellitenbahnen mit 30 bis 40 Grad Neigung am größten, da die Anomalie ihre größte Ausdehnung in Ost-West-Richtung besitzt. Mit steigender Inklination nimmt die Strahlenexposition dann wieder ab, weil der tägliche Anteil der Aufenthaltsdauer in diesem Bereich sinkt.

Aus Tabelle 13 ist ersichtlich, daß die Strahlungsgürtel langdauernde Flüge mit nicht extrastark abgeschirmten Raumschiffen im Höhenbereich von etwa 700 bis 30 000 km ausschließen. Vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus wird deshalb die Errichtung einer permanenten Raumstation unterhalb dieses Bereiches in etwa 350 bis 500 km Höhe vorgeschlagen. Auch der Bau einer stationären Raumstation in etwa 36 000 km Höhe wäre mit einem vertretbaren Aufwand für die Abschirmung (etwa $2\text{--}4 \text{ g/cm}^2$) möglich.

Entgegen den ersten Annahmen kurz nach der Entdeckung der Strahlungsgürtel ist die Strahlenexposition der Kosmonauten bei einem raschen Durchstoßen der Gürtel, beispielsweise während eines Mondfluges, relativ gering. Der innere Gürtel wird dabei in etwa 15–20 Minuten, der äußere in etwa 2–3 Stunden durchflogen. Für Aufstieg und Rückkehr zusammen rechnet man je nach der Abschirmung ungefähr mit folgenden akkumulierten Dosen:

Abschirmung, g/cm^2	2	4	8
Dosis, rem	4	3	2

Bei Mond- und Interplanetarflügen stellen die Strahlungsgürtel im Verhältnis zur solaren kosmischen Strahlung nur eine geringe Gefährdung dar. Deshalb erscheint auch das Umgehen des intensiven Zentrums des inneren Gürtels, wie es anfangs mehrfach vorgeschlagen wurde, als unnötig.

Künstliche Strahlungsgürtel

Nicht allein die Natur legte der Raumfahrt durch die verschiedenen kosmischen Strahlungen ein gewisses Hindernis in den Weg. Der Mensch selbst hatte bereits in unverantwortlicher Weise begonnen, durch atomare Versuchsexplosionen im erdnahen kosmischen Raum (10) den Strahlungspegel stark zu erhöhen. Am 9. Juli 1962 lösten die USA in 400 km Höhe eine Kernsprengladung mit einem TNT-Äquivalent von 1,4 Mt aus (Operation Starfish). Innerhalb kurzer Zeit verteilten sich die bei den Spaltungsprozessen freigesetzten 10^{27} Elektronen rings um die Erde. Ein wesentlicher Teil davon wurde vom Magnetfeld eingefangen und bildete einen künstlichen Strahlungsgürtel, dessen Maximum anfangs in etwa 1100 bis 2000 km Höhe lag. Das Abklingen dieses Strahlungsgürtels dauert mehrere Jahre.

In den ersten Monaten nach der Detonation wurde in 1800 km Höhe ein maximaler Teilchenfluß von $3 \cdot 10^8$ Elektronen/ $\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ gemessen. Die Ausläufer dieses künstlichen Strahlungsgürtels reichten besonders im Bereich der südatlantischen

Tabelle 12

Mittlerer Teilchenfluß in den Zentren der Strahlungsgürtel (nach 7 und 8).

Strahlungsart Energie	Teilchenfluß (Teilchen/cm ² · s)	
	innerer Gürtel 3400 km	äußerer Gürtel 20 000 km
Protonen		
E > 20 MeV	4 · 10 ⁴	
4 < E < 20 MeV	6 · 10 ⁵	
40 < E < 700 MeV	2 · 10 ⁴	≤ 10 ²
0,1 < E < 5 MeV	~ 10 ⁵	~ 10 ⁵
Elektronen		
E > 5 MeV		~ 10 ³
1,5 < E < 5 MeV	~ 10 ⁴	10 ⁵ – 10 ⁶
0,5 < E < 1,5 MeV	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁶ – 10 ⁷
0,05 < E < 0,5 MeV	10 ⁸ – 10 ¹⁰	10 ⁸ – 10 ¹⁰

Tabelle 13

Strahlenbelastung in den Strahlungsgürteln. Zeit (Tage), in der hinter verschiedenen Abschirmungen 50 rad aufgenommen werden (nach 8).

Kreisbahnhöhe km	Bahnneigung 30 Grad Abschirmung (g/cm ²)				Bahnneigung 90 Grad Abschirmung (g/cm ²)			
	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4
400	100	200			300			
500	35	60	100	160	90	140	200	
600	13	22	40	65	38	60	100	140
750	5	8	15	24	14	26	40	70
1 000	1,1	2,5	5	7	3,5	7	11	20
1 500	0,2	0,6	1,1	1,8	0,65	1,3	2,4	4
2 000	0,06	0,2	0,5	0,7	0,2	0,5	1,0	1,6
3 000	0,015	0,08	0,3	0,45	0,06	0,2	0,7	1,1
4 000	0,015	0,09	0,4	0,7	0,03	0,15	1,0	1,5
5 000	0,05	0,2	0,6	1,1	0,08	0,36	1,5	2,3
10 000	0,27	1,5	8	22	0,35	2,4	14	24
15 000	0,25	1,8	26	75	0,24	1,4	28	90
20 000	0,03	0,35	10	30	0,09	0,5	9	30
30 000	0,25	1,7	25	140	0,4	5	38	
36 000	1,0	10	130	700	2,4	45	200	
40 000	10	100	600		16	120		

Tabelle 14

Strahlenexposition (rad/d) durch Fissions-Elektronen in den ersten Monaten nach der Starfish-Explosion.

Kreisbahn Höhe (km)	Neigung (Grad)	Al-Abschirmung (g/cm ²)			
		0,5	1	2	4
1 800	0	30 000	10 000	1 000	65
	33	11 000	3 600	360	23
	65	6 300	2 100	210	13
1 100	33	1 600	520	55	3,4
	65	840	280	30	1,8
750	33	310	100	11	0,7
	65	140	50	5	0,3
550	33	60	20	2	0,13
	65	30	10	1	0,05
360	33	8	3	0,3	0,02
	65	3	1	0,1	0,01

Anomalie bis in wenige Hundert Kilometer Höhe herunter. In Tabelle 14 sind die durch die Fissions-Elektronen bedingten täglichen Strahlungsdosen angeführt, die in verschiedenen Kreisbahnen hinter einer Aluminiumabschirmung unterschiedlicher Dicke von Kosmonauten aufgenommen worden wären. Die in dieser Zeit durchgeführten Raumflüge von Nikolajew, Popowitsch und Schirra verliefen in Bahnhöhen zwischen 153 und 283 km, und die Strahlenexposition der Kosmonauten war deshalb gering.

Glücklicherweise wurde im August 1963 das Moskauer Teststoppabkommen unterzeichnet, so daß eine weitere Kontaminierung des erdnahen kosmischen Raumes unterblieb.

Fortsetzung folgt.

Literatur:

7. Jacobi, W., „Das Strahlungsfeld im interplanetarischen Raum und seine Einwirkung auf den Menschen beim Raumflug“, Astronaut. Acta 10 (1964), Nr. 2, S. 105–37.
8. Keller, F. L. und R. G. Pruett, „The Effect of Charged Particle Environments on Manned Military Space Systems“, Second Symposium on Protection against Radiations in Space, Gatlinburg, Tenn. 12.–14. Oktober 1964, NASA Sp-71, Washington D. C., 1965, S. 265–86.
9. Jones R. K., D. E. Adams und I. J. Russel, „The Radiobiological Consequences of Dose Distributions produced by Solar-Flare-Type Spectra“, Ebenda, S. 85–96.
10. Swart, H., „Künstliche Erdsatelliten kontrollieren die Einhaltung des Moskauer Teststoppabkommens“, Astronomie und Raumfahrt 2 (1964), S. 138–47.

Astronomie und Raumfahrt

Sonderheft 1

enthält folgende interessante Beiträge:

Wettersatelliten

Das Saturn-Programm

Das Apollo-Programm

Schwerelos Mensch und schwebefreier Raum

Sind passive Nachrichtensatelliten noch aktuell?

Eldo-Kostenneuverteilung

Schutz von Raumfahrzeugbauteilen durch Oberflächenbehandlung

Neue Ergebnisse der astronautischen Wissenschaft (IX. Cospar-Kongreß, Wien)

Astronautische Projekte der Gegenwart (Ein Mondflughafen – MOL = Militärische Raumstation der USA – Japans vierte Raketengeneration)

Betrachtungen zum Problem der Raumanzüge

Sternwarten im Weltall

Preis des Sonderheftes 1,50 MDN. Bestellungen bitte direkt an den Deutschen Kulturbund, Abt. Natur und Heimat, 102 Berlin, Liebknechtstraße 31. Die Bestellungen werden ausgeführt, wenn gleichzeitig der Betrag von 1,50 MDN (nur per Postanweisung) mit dem Vermerk „Für Sonderheft Astronomie und Raumfahrt“ eingegangen ist. Es empfiehlt sich, sofort zu bestellen, da eine zweite Auflage nicht herausgebracht werden kann.

Herausgeber und Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“

Hinweis für die neuen Leser der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ zur Ergänzung ihrer astronomischen und astronautischen Handbücherei

Von der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ sind die vier ersten Jahrgänge (1963, 1964, 1965, 1966, je 6 Hefte) noch vollständig zu beziehen. Preis eines Jahrgangs 9 MDN.

Der Jahrgang 1963 enthält u. a. folgende Beiträge: Technische Probleme des zweiten bemannten Gruppenfluges – Aspekte der Weltraumfahrt in Ost und West – Fragen des Weltraumrechts vor der XVIII. UNO-Vollversammlung – Teilbericht über die Konferenz der Vertreter von Satellitenbeobachtungsstationen sozialistischer Länder über Fragen der fotografischen Vermessung künstlicher Satelliten in Leningrad – Strahlungsmessungen mit Kosmos III und V – Der Start von „Syncom I“ – Ist der Mond unpünktlich? – Bestimmung des Durchmessers von Mond-Ringgebirgen mit einfachen Mitteln – Elektronenoptik im Dienste der Astronomie – Die Ökosphäre Veränderlicher Sterne – Bald totales Rendezvous – Beobachtung von Jupitermondvulkanismen und Sternbedeckungen als lohnende Aufgabe für Volkssternwarten und Amateurastronomen – Die Taschenuhr als Stoppuhr – Ebene Flächen auf dem Mars – Geometrische und Wellen-Optik in der Astronomie – Zwei neue Entdeckungen auf dem Gebiete der LASER-Struktur – Zum Problem der Synchronsatelliten – Der Satellitenbeobachtungsdienst der USA – Amerikanische Nachrichten-Satelliten – Eine Bilanz über fünf Jahre – Mercury-Programm beendet – Von Mars 1 bis Wostok VI – Automatische Mondforscher – Probleme bei der Durchführung astrophysikalischer und astronomischer Messungen mit Hilfe von Raumflugkörpern – Astrophysikalische Forschungen im Jahr der ruhigen Sonne – Astronomische Beobachtungen und Raumfahrt – Radioteleskope, Ohren im Weltall – Die Raumforschung in Frankreich – Grundlagen der Kosmoteknik – Die Steuerung von Raumflugkörpern.

Der Jahrgang 1964 enthält u. a. folgende Beiträge: Die Zuverlässigkeit von Raumflugkörpern – Strahlenprobleme beim Flug ins All – Zukünftige Anwendungsmöglichkeiten von LASER in der Raumfahrttechnik – Berechnung der Ephemeriden künstlicher Erdsatelliten an der Ephemeridenzentrale der DDR – Gedanken zur Behandlung astronautischer Probleme im Astronomie-Unterricht – Energieversorgung in Raumkörpern – Echo 2, der zweite passive Relaisatellit – USA-Raketen-Budget – Die Grunderscheinungen und Anwendungsmöglichkeiten der Polarisation von Lichtstrahlen – Versuch zur Bestimmung der nächtlichen Extinktion aus Helligkeitsbeobachtungen des künstlichen Satelliten Echo 1 (1960) – Einiges zur Strahlungseinwirkung auf Satellitengeräte – Ergebnisse der Untersuchungen der kosmischen Strahlung – Vom Wirkungsquantum zum Sternspektrum – Funktechnische Satellitenbeobachtungsstation der Deutschen Astronautischen Gesellschaft – ISIS-Jonosphärensatelliten – Comsat – Das USA-Nachrichtensatelliten-Monopol – ELDO und ESRO – Probleme des Raumfluges im Erde-Mond-Bereich – Einige Betrachtungen zum Mondflug-Programm der USA – Künstliche Erdsatelliten kontrollieren die Einhaltung des Moskauer Teststoppabkommens. Über den Nachweis von Kernexplosionen in großen Höhen und im kosmischen Raum – Über die Verwendung von künstlichen Erdsatelliten zu Navigationszwecken – Nimbus A 1 – Eine Näherungsmethode zur Messung der Höhen von Mondbergen mit einfachen Mitteln – Funktechnische Beobachtungen der sowjetischen Erdsatelliten mit rund 60° bzw. 51° Bahnneigung.

Der Jahrgang 1965 enthält u. a. folgende Beiträge: Einige Probleme des Nachrichtenverkehrs mit künstlichen Satelliten und Raumsonden – Die Satelliten der Elektron-Serie – Über die aerodynamische Erwärmung von Flugkörpern – Astronomische Ergebnisse der Astronautik – XV. Internationaler Astronautischer Kongreß, Warschau – Sonde 2, Mariner 3 und 4 – Rechtsgrundlagen des amerikanischen Nachrichten-Satelliten-Systems – Die Trägerrakete Europa 1 – Betrachtungen zu den Satelliten der Kosmos-Serie – Über den Nachweis extraterrestrischen Lebens – Ergänzungen zu den Flügen der Raumschiffe Wostok 1 und 2 – Zentren der amerikanischen Raumfahrtindustrie – Die ionisierende Wirkung von Meteoriten und deren praktische Bedeutung – Mariner 4 und Sonde 3, zwei Raumflugkörper mit astronomischer Aufgabenstellung – Werkstoffe für die Raketentechnik – Raumforschung und Nachrichtentechnik – Nimbus 1 – 5. Europäischer Raumfahrt-Kongreß – Bemerkungen über Dichtungsprobleme in Raumfahrzeugen – Betrachtungen zu Wettersatelliten – Die Präzisierung der astronomischen Einheit nach den Ergebnissen der Venus-Funkortung.

Zu beziehen von der Abteilung Natur und Heimat des Bundessekretariats des Deutschen Kulturbundes, 102 Berlin, Liebknechtstraße 31, Telefon 51 53 84/85

Astronomie und Raumfahrt

hi 31052

Richard

Maximilianstr. 10

5/B



Astronomie und Raumfahrt

1967 **2**

Inhalt:

	Seite
Mondforschung — Rückblick und Ausblick · Dr. Paul Ahnert	33
Junge Sterne · Dr. W. Wenzel	38
Die Erde rückt dem Monde näher · Herbert Pfaffe	41
Neuer Saturn-Mond entdeckt · Herbert Pfaffe	43

Amateure beobachten und berichten

Haloerscheinungen und Niederschlagswahrscheinlichkeit · Erich Schütz	44
Halo-Tage 1965 · Dr. W. Sandner	45
Sonnenfleckentätigkeit im Jahre 1966 · Erich Schütz	46

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Astronomietagung in Dresden · M. R. Dr. Karl Sigmund	46
--	----

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Sowjetische Raumforschung 1964 bis 1966, I. Teil	52
Über einige Probleme des Strahlenschutzes bei kosmischen Flügen III · H. Swart	57
Buchbesprechung	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: 102 Berlin 2, Liebknechtstr. 31, Fernsprecher: 515384/85. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1967 mit 6 Hefen. 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.), Gelststraße 22

Mondforschung – Rückblick und Ausblick

Dr. PAUL AHNERT

Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften

Der Mond ist außer der Sonne der einzige Himmelskörper, dessen wahre Gestalt durch die richtige Deutung seiner Phasen schon lange, mindestens zwei Jahrtausende, vor der Erfindung des Fernrohrs erkannt wurde. Die bereits mit bloßem Auge erkennbare Gliederung der Mondoberfläche regte schon die griechischen Philosophen des 5. und 4. Jahrhunderts v. Ztw. zu der Aussage an, daß unser Trabant wie die Erde Gebirge, Ebenen und vielleicht auch Meere aufwies. Der Mond ist auch das einzige Gestirn, dessen Entfernung und wahre Größe schon vor der Zeitenwende von Hipparch auf Rhodos (um 150 v. Ztw.) nahezu richtig aus Beobachtungen berechnet wurde. Er fand als Entfernung des Mondes 59 Erdradien (statt 60,3), und da ein Jahrhundert zuvor Eratosthenes in Alexandria die Größe der Erde einigermaßen zutreffend bestimmt hatte, konnte aus der Entfernung und dem scheinbaren Monddurchmesser seine Größe berechnet werden. 300 Jahre nach Hipparch gelang es dem in Alexandria lebenden Astronomen und Geographen Ptolemäus, auch die recht komplizierte Bahnbewegung des Mondes so gut darzustellen, daß er seine Stellung am Himmel auf Jahrhunderte voraus berechnen konnte, freilich nur mit der Genauigkeit, die die damals noch primitiven Instrumente (ohne Fernrohr!) zu messen erlaubten.

Das Mittelalter hat trotz der astronomischen Begabung der Araber für die Mondforschung nichts Neues erbracht.

Das änderte sich schlagartig mit der Erfindung des Fernrohrs. Galilei, der von 1610 an das neue Instrument als erster auf die Gestirne richtete, erkannte sofort, daß der Mond tatsächlich eine der irdischen ähnliche, stark gegliederte Oberfläche besaß. Er entwarf eine erste rohe Karte unseres Trabanten und versuchte nach einer im Prinzip richtigen Methode, die Höhe einiger Bergspitzen zu bestimmen. Bald nach ihm zeichneten die Jesuiten Scheiner, der als Mathematikprofessor in Ingolstadt lehrte, und Langrenus, Attaché am spanischen Hofe, zahlreiche Mondskizzen. Der letztere benannte bereits markante Formationen nach berühmten Männern. Der erste Beobachter, der den Mond systematisch viele Jahre hindurch beobachtete und eine wirklich befriedigende Mondkarte nebst einer großen Zahl von Phasenbildern zustande brachte, war der berühmte Danziger Ratsherr (und Besitzer einer großen Brauerei) Johann Hevel (1611–1687). In seiner 1647 erschienenen „Selenographia“ beschrieb und benannte er die auf seinen Karten verzeichneten Formationen, wobei er die Namen der irdischen Geographie entnahm. So benannte er das Ringgebirge Kopernikus als Ätna, das ihn umgebende helle Gebiet als Sizilien. Von seiner Nomenklatur haben sich nur die Namen einiger Gebirge (z. B. Alpen, Apenninen) erhalten.

Glücklicher war in dieser Beziehung Riccioli, ebenfalls ein Jesuit, der 1651 eine neue Mondkarte veröffentlichte. Obgleich sie weniger gut als die von Hevel war, setzte sich sein System, die Ringgebirge nach berühmten Philosophen und Astronomen zu benennen – wobei er auch sich selbst nicht vergaß – in der Folgezeit durch.

Bis hierher hatte die Mondforschung ganz in der Hand von Liebhabern gelegen – Galilei war Physiker, Scheiner, Langrenus und Riccioli waren Theologen, auch Hevel bezog die Mittel für seine vorzüglich ausgerüstete Sternwarte aus einem bür-

gerlichen Gewerbe —, eine beachtenswerte Erscheinung, die sich in der Glanzzeit der visuellen Selenographie — etwa 1790 bis 1840 — wiederholt. Der erste hauptberuflich tätige Astronom, der sich eingehend dem Mond widmete, war der an der Pariser Sternwarte wirkende Dominico Cassini, der 1680 eine neue Mondkarte veröffentlichte, die wegen seiner besseren Instrumente mehr Formationen enthielt als die Hevelsche, aber in bezug auf die Positionen weniger genau war. Wegen dieser mangelnden Genauigkeit sind auch viele Namen Ricciolis verlorengegangen, weil man die Objekte nach seiner Karte später nicht mehr identifizieren konnte. Bisher waren alle Karten nur nach dem Augenmaß, nach Schätzungen entworfen worden, worin Hevel unbestrittener Meister war.

Ein wesentlicher Fortschritt war nur durch wirkliche Messungen mit dem Mikrometer zu erzielen. Das unternahm als erster der Astronom Tobias Mayer (1723 bis 1762) von 1754 an auf der kleinen Göttinger Universitätssternwarte. Er bestimmte die Lage von 24 Objekten durch mikrometrische Messungen und von 63 anderen Punkten durch sorgfältige Schätzungen im Anschluß an die gemessenen Positionen. Leider konnte er wegen seines frühen Todes nur eine kleine Mondkarte von 20 cm Durchmesser fertigstellen, die von Lichtenberg 1775 aus seinem Nachlaß herausgegeben wurde. Sie blieb trotz ihrer Kleinheit für über sechs Jahrzehnte die genaueste Gesamtdarstellung des Mondes.

Die eigentliche Selenographie, die Erforschung der Topographie des Mondes, die naturgetreue zeichnerische Wiedergabe und die ausführliche von Messungsergebnissen unterstützte Beschreibung der Mondformationen beginnt mit Hieronymus Schröter (1745–1816). Er war Jurist und errichtete als Amtmann in Lilienthal bei Bremen um 1784 eine Privatsternwarte, die er im Laufe der Zeit mit fünf Spiegelteleskopen von 10 bis 48 cm Öffnung ausstattete. Die Ergebnisse seiner Beobachtungen: Detailzeichnungen einer großen Anzahl von Mondlandschaften und sehr ausführliche Beschreibungen derselben, veröffentlichte er 1791 und 1802 in den beiden Bänden seiner „Selenotopographischen Fragmente“. Seine Abbildungen sind keine zeichnerischen Kunstwerke, aber das trifft auch auf manche späteren anerkannten Kartenwerke zu, und Mädlers herabsetzende Kritik der Schröterschen Bemühungen ist ungerecht. Einige von Schröters Zeichnungen und auch seine Beschreibungen enthalten Details, die späteren Beobachtern entgangen sind. Was mir persönlich Schröters Werk so sympathisch macht, ist neben dem immensen Fleiß die Freude am Geschauten, die warmherzige Teilnahme am Gegenstand seines Forschens, die aus seiner Darstellung spricht und den liebenswerten Charakter dieses wahrhaftigen „Liebhabers“ verrät.

Sicher ist Schröters Einfluß auf seine drei deutschen Nachfolger im 19. Jahrhundert: Lohrmann, Mädler und Schmidt nicht gering gewesen. 1824 erschienen die ersten vier von 25 Sektionen der Mondkarte von Wilhelm G. Lohrmann (1796–1840), die er, der Geometer und Vermessungsfachmann, auf seiner privaten Sternwarte in Dresden mit Hilfe von zwei Fraunhoferschen Fernrohren von 8 und 12 cm Öffnung erarbeitet hatte. In den Folgejahren vollendete er die übrigen 21 Sektionen seiner Karte, die den Mond mit einem Durchmesser von 3 Pariser Fuß = 97 cm abbildet. Die Positionen beruhen auf Mikrometermessungen von 79 Formationen, zwischen denen die Lage der übrigen durch sorgfältige Schätzungen bestimmt wurde. Was den dauernden Wert von Lohrmanns Karte ausmacht, ist neben der Genauigkeit der Positionen die klare, leicht lesbare, in Kupferstich wiedergegebene Schraffendarstellung der Oberfläche, die ganz in der Manier einer guten geographischen Karte ausgeführt ist. Obgleich sie etwas weniger Einzelheiten als die 10 Jahre später erschienene Karte von Joh. Heinrich Mädler (1794–1874) und naturgemäß viel weniger als die 1878 herausgebrachte, doppelt so große Karte von Julius Schmidt (1825–1884) enthält, ist sie doch wegen ihrer Treue ein unschätzbares Dokument.

Leider war es Lohrmann in seinem kurzen, arbeitsreichen Leben nicht mehr vergönnt, seine Gesamtkarte selbst zu publizieren. Das geschah erst nach mannigfachen Verzögerungen durch die Bemühungen Julius Schmidts im gleichen Jahr, in dem seine eigene große Mondkarte erschien. Schmidts Karte beruht neben seinen eigenen, sehr sorgfältigen und im Verlauf von 30 Jahren gesammelten Beobachtungen in bezug auf die Positionen ganz auf Lohrmanns Messungen, ebenso hat sie die Einteilung in 25 Sektionen von dort übernommen. Besonders hervorzuheben ist ihr Reichtum an kleinen Kratern und Rillen. Der Gesamteindruck ist wegen der etwas raupenartigen Darstellung der Bergzüge weniger ansprechend.

Während Lohrmann reiner Amateur und auch Mädler während seiner Arbeit an der Mondkarte Lehrer am Berliner Lehrerseminar und erst seit 1836 als Berufsastronom tätig war, hat Schmidt seine Hauptarbeit als Selenograph als Direktor der Sternwarte von Athen (seit 1858) geleistet.

Mädlers Karte, der 1837 eine ausführliche Beschreibung der Mondformationen und der Beobachtungs- und Rechenmethoden folgte, ist in Steinzeichnung ausgeführt und Lohrmanns Karte etwa ebenbürtig. Am Fernrohr ist sie wegen des großen Formats der 4 Teilblätter und der sehr feinen Zeichnung weniger gut brauchbar als die kräftig gezeichneten, handlichen Blätter von Lohrmanns Atlas. Wertvoll wird sie durch den sehr sorgfältig abgefaßten Text des Begleitwerkes „Der Mond (Allgemeine vergleichende Selenographie)“.

Im gleichen Jahrhundert widmeten sich auch in England einzelne Amateure der Erforschung der Mondoberfläche. Am bekanntesten wurde in Deutschland Edmund Neison, der eine z. T. auf Mädlers Karte beruhende Mondkarte von 60 cm Durchmesser herausgab, die wegen ihres Reichtums an Einzelheiten und der handlichen Einteilung in 22 Blätter für die Orientierung recht brauchbar ist. Sein Textband enthält neben einer auch heute noch lesenswerten, vielseitigen Einführung in die Probleme der Mondforschung auf 274 Seiten eine eingehende Beschreibung der Oberflächengebilde.

Die letzte große Anstrengung, eine auf rein visuellen Beobachtungen beruhende und möglichst weit ins kleinste vordringende Gesamtdarstellung der Mondoberfläche zu geben, unternahm mit Erfolg in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts Philipp Fauth (1867–1940). Seine Mondkarte hat 3,50 m im Durchmesser und enthält als Frucht der Lebensarbeit von über fünf Jahrzehnten mehr Einzelheiten als alle früheren visuell erarbeiteten Karten.

Man muß diese ungeheure Leistung bewundern. Aber eine eingehende Prüfung zeigt auch, daß es bereits die Kraft eines Menschen übersteigt, wenn er alles Detail form- und lagerichtig mappieren will, das ein Fernrohr von 38 cm Öffnung (Fauths Medialfernrohr) zeigt. Ein Vergleich mit guten photographischen Mondaufnahmen läßt erkennen, daß von den feineren Formationen manche in ihrem Wesen verkannt oder aus ihrer richtigen Lage verschoben sind, daß manches übersehen und Nichtvorhandenes eingetragen ist. Aber diese Feststellung bedeutet keine Herabsetzung der Leistung dieses einmalig fleißigen und begabten Beobachters. Solche Fehler sind durch den sehr komplizierten Weg vom Netzhautbild über das Gehirn bis zur zeichnenden Hand, also physiologisch und psychologisch bedingt und dort einfach unvermeidbar, wo versucht wird, bis an die Grenzen – und vielleicht bis über die Grenzen – des Wahrnehmbaren zu gehen.

Die Arbeit Fauths wird nicht wiederholt werden und kann auch mit den gleichen Mitteln nicht überboten werden. Eine weitere Entwicklung unserer Kenntnis der Mondtopographie ist nur noch auf photographischem Wege möglich, mit den großen Teleskopen der irdischen Stationen oder von unbemannten – und bald auch bemannten – Raumfahrzeugen aus. Schon um die Jahrhundertwende erregten die prachtvollen Mondaufnahmen des Yerkes- und Lickrefraktors und des Pariser

Equatorial coudé (Pariser Mondatlas) Aufsehen. Diese Aufnahmen sind in den vergangenen Jahrzehnten an Detailreichtum noch übertroffen worden von den Aufnahmen mit Spiegelteleskopen von 2 bis 5 m Durchmesser, von denen die besten — alle Landschaften bei verschiedenen Sonnenhöhen — von Kuiper in seinem Lunar-Atlas zusammengestellt wurden.

Aufnahmen geben automatisch die richtige Größe und Lage der Objekte. Die leichte Verzerrung der randnahen Gebiete durch die Libration des Mondes läßt sich rechnerisch berücksichtigen, und der Umstand, daß bei niedrigem Sonnenstand einzelne Partien im Schatten der Berge verschwinden, wird unschädlich gemacht, wenn man die gleiche Gegend bei Morgen- und bei Abendbeleuchtung aufnimmt. Damit ist die visuelle Beobachtung nicht überflüssig geworden, sie kann, gestützt auf die photographische Aufnahme, durch den Wandel des Anblicks bei langsam steigender oder fallender Sonne noch manches im Bodenrelief erkennen lassen, was die Momentaufnahme nicht zeigt.

Die großen Kartenwerke der Gegenwart — der Atlas der Named Lunar Formations und die LAC des U.S. Air Force Aeronautical and Information Center — beruhen ganz auf photographischen Vermessungen. Sie dienen nicht unmittelbar dem Studium der Mondformationen, sondern nur der sicheren Orientierung auf den Aufnahmen.

Einen höchst interessanten Versuch, die wahre Gestalt der randnäheren, von uns nur im Schrägenblick sichtbaren Formationen darzustellen, haben Kuiper und seine Mitarbeiter unternommen. Durch optische Entzerrung werden die Aufnahmen randnaher Krater so projiziert, daß das Bild den senkrechten Aufblick wiedergibt.

Soviet über die reine Topographie. Die Theorie der Bahnbewegung des Mondes muß außerhalb des Rahmens dieser kurzgefaßten Betrachtung bleiben. Aber von allem Anfang an hat nicht nur die bloße Darstellung und Beschreibung der Formationen die Mondforscher beschäftigt, sondern auch das Problem ihrer Entstehung und ihres Materials. Damit trat neben die Selenographie die Selenologie, d. h. die „Geologie“ und Mineralogie des Mondes.

Die älteren Anschauungen sahen in der Mondoberfläche ein riesiges vulkanisches Kraterfeld. Die Fortschritte der Selenographie und der Geologie im vorigen Jahrhundert zeigten aber, daß die Mondkrater doch sehr verschieden von irdischen Vulkanen sind. Eventuell könnte man annehmen, daß es sich auf dem Mond um sogenannte Dome handelt, die von emporquellendem Magma aufgewölbt wurden und dann zusammenstürzten, nachdem das Magma unter Mitnahme von geschmolzenem Decken- und Bodenmaterial wieder in seinen Schlot zurückgefloßen war. Auf diese Weise sind wahrscheinlich die irdischen Calderen entstanden. Neben dieser Auffassung von der internen Gestaltung des Mondreliefs besagt eine andere, daß die runden Mondformen Einschlagkrater von Meteoriten, also durch Einwirkung äußerer Kräfte entstanden seien. Beide Auffassungen stehen sich noch heute schroff gegenüber.

Wenn es mir erlaubt ist, Stellung zu nehmen, so möchte ich die Meteoritenhypothese als generelle Erklärung ablehnen und sie nur für Einzelfälle gelten lassen. Erstens sind viele der größeren Ringgebirge keineswegs rund, sondern polygonal, wobei die Streichrichtung der Polygoneiten auch in den Formationen der Umgebung zu erkennen ist. Vor allem aber vermag die Meteoritenhypothese einen ganz markanten Umstand nicht zu erklären: Überall dort, wo sich die Krater überschneiden, vor allem im Hochland des Südwestquadranten, sitzt stets der kleinere unversehrt auf dem unterbrochenen Wall des größeren. Diese Regel, von der es keine Ausnahme gibt, zeigt, daß die kleineren Krater die jüngeren sind, daß die kraterbildenden Kräfte zuerst die Großformen und mit allmählich abnehmender Intensität immer kleinere Formen hervorbrachten.

Ein solcher Ablauf ist aber nur durch die Annahme innerer Kräfte verständlich, die infolge Abkühlung der oberen aktiven Magmamassen und der damit verbundenen Verstärkung der Mondkruste allmählich an Wirksamkeit verloren. Falls ein Meteoritenregen das Mondantlitz geprägt haben sollte, dann müßte jemand dagewesen sein, der die Meteoriten säuberlich nach ihrer Größe sortiert und sie mit wohlabgewogener Wucht hübsch nacheinander auf den Mond geschleudert hätte. Eine solche Vorstellung ist absurd. Die Unzahl der kleinen Krater, die die Ranganahmen enthüllt haben, können Einschlagkrater sein. Es ist aber dann immer noch ungewiß, ob es sich dabei um Meteoriten oder Auswürflinge vulkanischer Explosionen handelt. Auf der Erde gibt es solche Kraterfelder, die den von den Rangersonden fotografierten täuschend ähneln, als Folge von Vulkaneruptionen.

Bei allen diesen Überlegungen darf eine wesentliche Eigenschaft des Mondes nicht außer acht gelassen werden: Seine geringe Masse. Sie beträgt nur 1/81 der Erdmasse. Allein das schafft schon in bezug auf die gebirgsbildenden Kräfte völlig andere Verhältnisse als auf der viel größeren Erde. Dazu kommt noch, daß die Schwerkraft auf der Mondoberfläche nur 1/6 der Schwerkraft an der Erdoberfläche beträgt. Dadurch können wieder relativ geringe Energien verhältnismäßig große Umwälzungen bewirken. Jedenfalls bietet der Mond schon wegen dieser rein physikalischen Eigenschaften so völlig andere Zustände dar als die Erde, daß alle Versuche, mit Analogieschlüssen die besondere Struktur der Mondoberfläche zu erklären, nicht viel mehr sind als reine Spekulation. Hier werden erst die künftigen Jahrzehnte allmählich wirkliche Erkenntnisse bringen, wenn Menschen an Ort und Stelle ihre Forschungen betreiben können.

Das gilt in gleichem Maße für das Problem der chemischen und strukturellen Natur der Mondrinde. Bisher standen uns Messungen der Temperaturstrahlung, des Rückstrahlungsvermögens in verschiedenen Wellenlängen (Albedo, Farbe) und Messungen der Polarisation des reflektierten Sonnenlichts zur Verfügung, die mit den entsprechenden Reaktionen irdischer Mineralien verglichen werden können. Aber diese Ergebnisse sind nicht eindeutig, weil verschiedenartige Stoffe ähnlich reagieren können. Immerhin hat sich die von Anfang an herrschende Vorstellung bestätigt, daß die Mondrinde aus Gestein und nicht aus Eis besteht, wie es eine fanatische Sekte wortgewandter Ignoranten vor Jahrzehnten propagierte. Leider gehörte auch der als Beobachter so erfolgreiche Philipp Fauth zu den intolerantesten und unbelehrbarsten Propheten dieser heute glücklich überwundenen sogenannten Welteislehre.

Von mehreren Forschern wurde aus Temperaturmessungen bei Mondfinsternissen, die eine extrem geringe Wärmeleitfähigkeit der Mondoberfläche ergaben, und aus Radarbeobachtungen auf eine dicke, vielleicht mehrere Meter mächtige Staubschicht auf dem Mond geschlossen. Man vermutete Meteorstaub. Aber abgesehen davon, daß meteorische Staubkörner, die mit kosmischen Geschwindigkeiten auf dem Mondboden auftreffen, wegen ihrer hohen kinetischen Energie sofort verdampfen müßten, spricht auch die ungemein mannigfaltige, bis ins kleinste Detail gehende und oft deutlich die topographische Gestaltung nachzeichnende Helligkeitsgliederung gegen eine dicke, monotone Staubbdeckung.

Hier haben nun die letzten Aufnahmen der weich gelandeten Mondsonden Klarheit gebracht: Es gibt keine dicke lockere Staubschicht auf dem Monde. Seine Oberfläche ist ein tragfähiges Geröllfeld mit teilweise recht erheblichen Brocken. Sehr einladend sehen diese Nahaufnahmen nicht aus, und vermutlich werden Exkursionen auf dem Mond keine leichten Spaziergänge sein, trotz der geringen Schwere. Aber wenn die Menschen schon den leeren Weltraum auf fast 400 000 km Distanz überwunden haben werden, dann wird ein holperiges Gelände ihren Forschungsdrang nicht hemmen können.

Junge Sterne

Dr. W. WENZEL

Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften

Vorbemerkung

Wenn Fachmann und Laienastronom in einer wolkenlosen Nacht ihre Beobachtungsgeräte auf die Gestirne richten, spielt der augenblickliche Zustand dieser Gestirne die wesentliche Rolle. Er ist es, den wir untersuchen oder auch nur betrachten. Wir wissen freilich, daß sich die Fixsterne, ebenso wie die anderen Körper des Weltalls, in einem Entwicklungsprozeß befinden. Dies folgt aus grundlegenden Gesetzen der Physik. Betrachten wir zum Beispiel unsere Sonne (als den am besten beobachtbaren Fixstern). Sie strahlt pro Sekunde eine Energie von rund $4 \cdot 10^{33}$ erg in den umgebenden Raum ab, das heißt, sie bringt dauernd eine Strahlungsleistung von $4 \cdot 10^{23}$ KW auf. Die genannte Energie kann natürlich nicht aus dem Nichts entstehen, sondern wird erzeugt durch irgendeinen Prozeß, durch eine Veränderung oder Entwicklung im Stern.

Aus Gründen der Vernunft und aus physikalischen Gründen kann man ferner annehmen, daß die Fixsterne nicht gleichzeitig als solche entstanden sind. Daraus folgt, daß wir ein Momentanbild des Nebeneinanders der sich entwickelnden, verschiedenen alten Fixsterne beobachten, und eine unserer Aufgaben ist es, aus diesem Nebeneinander das zeitliche Nacheinander, das heißt Ursprung und Entwicklung der Sterne, zu erschließen.

Die Schwierigkeiten, die dem Naturforscher dabei entgegentreten, sind nicht gering: Er entdeckt heiße und kühle, große und kleine, massereiche und massearme Fixsterne und findet Unterschiede in ihrer chemischen Zusammensetzung. Der Betrachter sieht sich (zitiert nach O. Struve) in derselben Lage wie ein Wesen, das einen fernen Planeten bewohnt und dem die Aufgabe gestellt ist, die Entwicklung des irdischen Menschen zu beschreiben, nachdem ihm etwa eine Sekunde lang die Gelegenheit gegeben war, Kinder, Erwachsene und Greise (immer beiderlei Geschlechts) auf der Erde zu betrachten. Der ferne „Wissenschaftler“ kann richtig schließen, daß aus einem Kind ein Greis wird, er kann aber auch den falschen Schluß ziehen, daß „Entwicklung“ uneingeschränkt „Wachstum“ bedeutet und ein Kind sich am Ende in einen Elefanten oder einen Wal verwandelt.

Das Alter der „jungen“ Sterne

Kehren wir zur Astronomie zurück. Die Größenordnung der Zeitspanne, während der sich ein Fixstern beispielsweise im Zustand des „Erwachsenseins“ zwischen Kindheit und Greisentum befindet, war den Astronomen lange unklar. Dies hängt unmittelbar damit zusammen, daß man die Art der Energieerzeugung der Sterne nicht kannte.

Heute weiß man, daß thermonukleare Prozesse im Sterninneren die wesentlichen Energiequellen der Fixsterne darstellen, und zwar vor allem die Umwandlung von Wasserstoff in Helium. Da man die physikalischen Daten dieses Umwandlungsprozesses kennt, vermag man die Zeitdauer abzuschätzen, während der beispielsweise die Sonne im gegenwärtigen Ausmaß Energie abstrahlen kann, bis der Wasserstoffvorrat verbraucht ist. Unter der Annahme, daß die gesamte Masse aus Wasserstoff besteht, erhält man als Maximalwert dieser Zeitdauer die Größe

$$T_{\odot} = \text{Energieerzeugung pro Gramm} \cdot \frac{\text{Masse}}{\text{Energieabstrahlung pro s}} =$$

$$= 6 \cdot 10^{18} \frac{\text{erg}}{\text{g}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{33} \text{ g}}{4 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}} = 3 \cdot 10^{18} \text{ s} = 10^{11} \text{ a.}$$

Da die Sonne nicht vollständig aus Wasserstoff besteht und da außerdem schon vor Ausschöpfung des gesamten Wasserstoffgehaltes aus astrophysikalischen Gründen eine merkliche Änderung der Energieabstrahlung erfolgt, ist die angegebene Größe (100 Milliarden Jahre) wie erwähnt eine obere Grenze. Genaue Rechnungen führen auf einen Wert von 10 Milliarden Jahren für das Alter der „ältesten“ Sterne, die wir kennen. Das wirkliche Alter der Sonne liegt nebenbei bemerkt zwischen dieser Zahl und dem Alter der festen Erdkruste, welches rund 4 Milliarden Jahre beträgt.

Es gibt nun Fixsterne, deren Energieabstrahlung (Leuchtkraft) ganz wesentlich größer ist als die der Sonne. Es sind dies die sogenannten 0-Sterne; ihre Leuchtkraft ist rund das Hunderttausendfache, ihre Masse aber nur rund das Zehnfache des Sonnenwertes. Aus obiger Formel erhält man als Maximalalter ihres jetzigen Zustands demnach

$$T_0 = 10^{11} \cdot \frac{10}{10^5} \text{ a} = 10^7 \text{ a.}$$

Die gegenwärtig beobachteten Sterne dieses Typus besitzen noch einen beträchtlichen Teil ihres Wasserstoffs. Sie sind daher ohne Zweifel wesentlich jünger als das berechnete maximale Alter. Man darf annehmen, daß ihr Alter sich zum Alter unseres Milchstraßensystems verhält wie das eines dreitägigen Säuglings zu dem eines Greises. Das heißt: Wir haben guten Grund für die Annahme, daß auch gegenwärtig ständig Sterne neu entstehen.

Bisher haben wir stillschweigend das „Alter des jetzigen Zustands“ (im wesentlichen bezogen auf die Leuchtkraft) identifiziert mit dem „Alter“ überhaupt. Dies ist gerechtfertigt, wenn die Zeit zwischen Bildung des Sterns (seiner Entstehung) und dem Eintritt in den „jetzigen Zustand“ im Vergleich zum „Alter“ klein ist. Dies ist in der Tat der Fall:

Wir glauben heute zu wissen, daß die Formierung sternartiger Körper durch Kondensation in der diffus verteilten sogenannten interstellaren Materie erfolgt. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Der so entstandene „Protostern“ hat großen Radius, geringe Dichte und geringe Temperatur. Im weiteren Verlauf zieht er sich durch seine eigene Schwerkraft zusammen (Gravitationskontraktion). Der Physiker weiß, daß hierbei potentielle Energie in Wärme und Strahlung verwandelt wird. Dieser Prozeß dauert an, bis die Temperatur im Sterninneren so hoch geworden ist, daß die thermonukleare Energieerzeugung einsetzt; damit erlangt der Stern den Zustand, der im Falle der Sonne wie oben erwähnt bereits mehrere Milliarden Jahre besteht. Die Zeitdauer (Zeitskala) der Kontraktion berechnet man für einen sonnenähnlichen Fixstern zu rund $T_{K\odot} = 5 \cdot 10^7 \text{ a.}$

Wir sehen daraus, daß die Kontraktionszeit wirklich nur wenige Prozent des Gesamtalters der Sonne ausmacht. Dies gilt in gleicher Weise auch für andere Fixsterne.

Zusammengefaßt

1. Wenn die skizzierten theoretischen Überlegungen richtig sind und die Fixsterne sich von Protosternen aus in der dargelegten Weise entwickeln, muß es neben

den 0-Sternen noch eine weitere Gruppe „junger“ Objekte am Himmel geben, nämlich die in der Kontraktionsphase befindlichen Sterne.

2. 0-Sternen und kontrahierenden Sternen ist ein Alter von 10^6 bis einigen 10^7 Jahren zuzuschreiben.

T-Tauri-Sterne

Die genannten Objekte im Kontraktionsstadium können wir am Himmel tatsächlich beobachten. Die Astronomen kannten Exemplare davon schon, bevor ihre Natur als junge, eben (d. h. vor einigen Millionen Jahren) entstandene Sterne entdeckt wurde. Es handelt sich um die T-Tauri-Sterne, so genannt nach dem veränderlichen Stern T Tauri, der einer der hellsten Vertreter ist.

Diese Gruppe hat eine recht bemerkenswerte Entdeckungsgeschichte, deren Wiedergabe sehr lehrreich ist.

An den Observatorien, die sich mit der Entdeckung und Untersuchung veränderlicher Sterne befassen, galten die Veränderlichen von der Art RW Aurigae oder RR Tauri schon lange als eigenartig. Ihre Helligkeitsänderungen waren regellos (unperiodisch) und rasch, teilweise mit großer Amplitude. Dies unterschied die Prototypen drastisch von den periodisch veränderlichen Sternen (Typus RR Lyrae, δ Cephei, Mira) wie auch den langsam unregelmäßig Veränderlichen (μ Cephei). Besonders die systematische Untersuchung von lichtschwachen Veränderlichen im Verlauf der Arbeiten am „Felderplan zur Statistik der Veränderlichen Sterne der nördlichen Milchstraße“ durch C. Hoffmeister und Mitarbeiter in Sonneberg ergab eine stattliche Zahl von Fällen, die man dem RW-Aurigae-Typus und seinen Nebenformen zuordnen mußte. Man erkannte auch ziemlich früh, daß die typischen Vertreter dieser Gruppe keine Riesensterne waren wie die meisten anderen physisch veränderlichen Sterne, sondern eine relativ geringe Leuchtkraft besaßen.

Noch während in Sonneberg und anderorts die Arbeiten zur Erforschung des Lichtwechsels der RW-Aurigae-Sterne im Gange waren, wurde von amerikanischen Astronomen (A. H. Joy und Mitarbeitern) die Gruppe der „T-Tauri-Sterne“ konstituiert. RW Aurigae selbst und andere RW-Aurigae-Sterne waren Mitglieder dieser Gruppe; T Tauri wiederum galt bezüglich des Lichtwechsels als Grenzfall des RW-Aurigae-Typus¹. Das Wesentliche war, daß die T-Tauri-Sterne auf Grund von Besonderheiten in ihren Spektren zusammengefaßt wurden; die Eigenarten der Helligkeitsänderungen blieben weitgehend unberücksichtigt. In den Spektren erkannte man sogenannte Emissionslinien, und zwar in einer Zahl und Intensität, die bei derartig relativ kühlen Objekten (Sonnentemperatur und darunter) auf ganz abnorme Oberflächenverhältnisse schließen ließen.

Die dritte Entdeckung geschah einige Jahre später durch amerikanische und sowjetische Wissenschaftler. Schon immer war eine auffällige Bindung der RW-Aurigae- und der T-Tauri-Sterne an Wolken interstellarer Materie festgestellt worden. Nun fand man, daß in diesen Wolken, beispielsweise in den Dunkelwolken der Sternbilder Fuhrmann (Auriga), Stier (Taurus), Orion und Einhorn (Monoceros), eine beträchtliche Zahl weiterer, jedoch sehr lichtschwacher T-Tauri-Sterne existiert, die nur relativ großen astronomischen Instrumenten zugänglich waren. Die genaue Untersuchung ergab dann, daß diese Objekte bezüglich Leuchtkraft und Oberflächentemperatur gerade die Eigenschaften haben, die man von den inzwischen theoretisch vorausgesagten kontrahierenden Sternen erwartet.

Damit war den RW-Aurigae-Sternen der Sonneberger Arbeiten Bedeutung in einer Richtung zugekommen, die man anfänglich vielleicht nicht erwartet hatte. Doch gilt dies glücklicherweise für viele Gebiete der Erkundungsforschung.

Schlußbemerkung

Dem Komplex der T-Tauri- bzw. RW-Aurigae-Sterne werden eine ganze Reihe Untersuchungen durch Spezialisten gewidmet. Das gleiche trifft für die andere Gruppe der jungen Sterne, die 0-Sterne, zu. Beide Arten zeigen eine besondere Anordnung am Himmel; sie sind jeweils zusammengeschlossen zu lockeren Aggregaten, den sogenannten T- bzw. 0-Assoziationen, die auf Grund des geringen Alters der Objekte sich noch nicht in das allgemeine Sternngemisch zerstreut haben. Die Erforschung dieser räumlichen Stellung und der Bewegungsverhältnisse ist die eine Aufgabe. Die andere Aufgabe besteht in physikalischen Untersuchungen von Einzelsternen zur Aufklärung ihrer besonderen Struktur, ihrer Wechselwirkung mit der umgebenden interstellaren Materie (aus der sie „eben“ erst entstanden sind) und letzten Endes der direkten physikalischen Ursachen ihres unnormalen Verhaltens, z. B. ihrer Helligkeitsänderungen.

Den Lichtwechsel der RW-Aurigae-Sterne verfolgen wir heute mit objektiven photometrischen Methoden (photoelektrische Photometrie). Bekanntlich ist die Genauigkeit dieser Messungen ziemlich groß, aber mit der steigenden Genauigkeit sinkt natürlich die Zahl der Sterne, die man untersuchen kann, und vielfach muß man sich dabei auf die hellen Objekte beschränken. Die Verfolgung eines unregelmäßigen, unperiodischen Lichtwechsels hat darüber hinaus noch eine andere Seite: Auch die statistische Zergliederung des Materials der über Jahre hinweg erhaltenen Helligkeitswerte kann zu mancherlei Aufschlüssen führen, wenn die zugrunde liegenden Beobachtungen homogen sind (etwa von einem einzigen Beobachter stammen). In dieser Hinsicht sind die Beobachtungen, die von aktiven Laienastronomen z. B. bei RW Aurigae oder T Tauri gemacht wurden, von hohem Wert. Namen wie Enebo, Leiner, Beyer seien hier genannt; die Amateurvereinigungen in USA (AAVSO) und Frankreich (AFOEV) befaßten sich eingehend mit Sternen der genannten Art. Sie alle taten dies, ohne damals wissen zu können, welch hohe kosmogonische Bedeutung die von ihnen beobachteten Objekte und damit auch die Beobachtungen selbst später erlangen werden.

Dies sei ein Ansporn auch für die heutigen Beobachter, ob Fachmann oder Amateur.

Die Erde rückt dem Monde näher

HERBERT PFAFFE

Die wissenschaftliche Erforschung unseres nächsten Nachbarn im Weltenraum begann, als zu Anfang des 17. Jahrhunderts der italienische Physiker Galilei sein einem holländischen Brillenmacher nacherfundenes Fernrohr zum ersten Mal auf den Mond richtete und auf dessen Oberfläche Krater, Ringgebirge und Gebirgszüge entdeckte.

Sehr viel ist auf dem Mond mit Hilfe der Linsenfernrohre, Spiegelteleskope, Astrokameras und der Spektralanalyse seitdem entdeckt worden, und es kam die Zeit, da der Mond für die Astronomen uninteressant wurde, weil es auf ihm mit den herkömmlichen Methoden der erdgebundenen Astronomie kaum noch etwas

zu entdecken gab. Nur einmal geriet unser Erdtrabant vor mehreren Jahren wieder in den Mittelpunkt des Interesses der Wissenschaft, als der sowjetische Astronom Kosyrew am Observatorium in Pulkowo aus dem Krater Alphonsus das Ausströmen von Gasen beobachtete, die darauf hindeuteten, daß es auf dem Mond, den man sich lange als völlig erstarrete, unveränderliche „Welt“ vorgestellt hatte, noch tätige Vulkane gab.

Der Mond rückte erst wieder nach Beginn der aktiven Raumfahrt in das Blickfeld der Wissenschaft, ganz besonders nachdem die Sowjetunion am 2. Januar 1959 mit dem Start von Luna 1 die Erforschung unseres Erdtrabanten mit raumfahrttechnischen Mitteln begonnen hatte. Noch im selben Jahr erfolgte die erste harte Landung von Luna 2 und die erste Umliegung des Mondes durch Luna 3. Die Aufnahmen erbrachten neue Kenntnisse über den Mond, die ohne die Raumfahrt niemals möglich geworden wären, da der Mond wegen der Übereinstimmung von Rotationszeit und Revolutionszeit (Dauer eines Umlaufes um die Erde) eine zur Erde gebundene Rotation hat und unserem Planeten deswegen immer dieselbe Halbkugel zuwendet.

Man stellte fest, daß die Mondrückseite der Vorderseite ähnelt, daß es aber auch Unterschiede gibt. So entdeckte man kleinere Steinebenen, denen man zur Unterscheidung von den großen der Vorderseite, den sogenannten Maren (vom Lateinischen Mare = Meer), die Bezeichnung Thalassoiden gab. Letzteres Wort stammt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie kleine Meere. Die Bezeichnung Meer stammt aber noch aus einer Zeit, da man noch nicht wußte, daß der Mond gänzlich ohne Atmosphäre und ohne offenes Wasser an der Oberfläche ist.

Die später von den Amerikanern gestarteten hart gelandeten Mondflugkörper Ranger 7 bis 9 erbrachten von der Vorderseite Aufnahmen der Mondoberfläche, die teilweise gestochene scharfe Einzelheiten auf Ausschnitten von „Tennisplatzgröße“ ergaben.

Gegenwärtig ist die Mondforschung mit raumfahrttechnischen Mitteln in die Etappe der unmittelbaren Vorbereitung des bemannten Fluges zum Mond eingetreten, der bis zum Jahre 1970 erfolgen soll. Weichlandende unbemannte Mondflugkörper und ebenso unbemannte Mondsatelliten lösen einander ab und ergänzen sich in ihren wissenschaftlichen Aussagen. Während die Mondsatelliten einen relativ weiträumigen Überblick über günstige Landgebiete für den Menschen ergeben, können die weichlandenden Mondflugkörper vom Typ Luna und Surveyor den Mond unmittelbar an seiner Oberfläche untersuchen und Fotos und Meßwerte zur Erde senden.

Beim Einsatz und den Ergebnissen dieser neuen Art von Raumflugkörpern zeigt sich die Sowjetunion wieder einmal bahnbrechend. Drei sowjetische Mondsatelliten (Luna 10, 11 und 12) umkreisen gegenwärtig den Mond. Mit Luna 12 besteht noch eine stabile Funkverbindung. Mit Luna 10 konnte beim Mond erstmalig ein Magnetfeld geringer Stärke gemessen werden. Beobachtete Bahnveränderungen der Mondsatelliten ergaben die Feststellung, daß der Mond – ähnlich wie die Erde – eine von der Kugelform abweichende birnenförmige Gestalt hat. Diese in der Nord-Süd-Richtung des Mondkörpers vorhandene Anomalie ist beim Mond relativ zur Erde aber etwa 40mal stärker ausgeprägt.

Die Mondflugkörper Luna 9 und 13, die gestochene Einzelheiten auf der Mondoberfläche bis herunter zu kleinen Steinchen von 1 mm Durchmesser fotografisch aufzeichneten und als Fernsehbilder zur Erde sandten, haben neben scharfkantigen kleineren Steinen sockelartige Erhebungen fotografiert. Diese in ihren feinsten Details bisher unbekannte Struktur der Mondoberfläche läßt darauf schließen, daß es auf dem Mond eine Verwitterung gibt. Diese Erscheinung ist aber nicht wie auf

der Erde meteorologisch bedingt, weil der Mond keine Atmosphäre besitzt, sondern es handelt sich um eine sogenannte physikalische Verwitterung, die hauptsächlich durch die extremen Temperaturschwankungen (+ 120 bis - 150 °C) zwischen dem jeweils 14 irdischen Tage dauernden Mondtag und der ebenso langen Mondnacht hervorgerufen wird. Außerdem spielen bei diesem Prozeß noch die verschiedenen Strahlungen aus dem Weltraum und hierunter auch der sogenannte Sonnenwind eine Rolle.

Die Amerikaner haben zur Zeit einen, die Sowjetunion hat 3 Mondsatelliten in der Umlaufbahn. Die USA haben einen Mondflugkörper weich gelandet, die Sowjetunion 2, wobei die Sowjetunion sowohl bei der weichen Landung als auch bei dem ersten Mondsatelliten wiederum bahnbrechend war. Die Sowjetunion hat gegenüber den amerikanischen weich landenden Raumflugkörpern bei Luna 9 und 13 eine interessante und wichtige Besonderheit entwickelt. Der Meßgerätebehälter mit der Kamera wird kurz vor der Landung vom Triebwerksteil seitlich abgetrennt und fortgeschleudert, so daß er in einem Gebiet niedergeht, das in seiner ursprünglichen Form erhalten bleibt, ohne daß das Mondgestein durch den heißen Gasstrahl des Bremstriebwerkes aufgeschmolzen oder zumindest verändert wird. Um eine Beschädigung des Meßgerätebehälters durch aufgewirbelte Geröllsteine zu verhindern, werden die apfelsinenschalenartigen Schutzverkleidungen erst eine gewisse Zeit nach dem stark abgefederten Aufprall auf der Mondoberfläche automatisch aufgeklappt.

Bei Luna 13 ist die neuartige Anlage zur Messung der Dichte und der Bruchfestigkeit der Mondoberfläche besonders hervorzuheben. An einem langen Ausleger ist eine Spitze angebracht, die bis zu einer ausreichenden Tiefe in den Mondboden eindringt. Diese Meßergebnisse sollen endgültig Klarheit darüber schaffen, ob der Mondboden für größere bemannte Expeditionen und für Spezialfahrzeuge eine genügende Tragfähigkeit hat.

Von besonderer Bedeutung ist auch ein Meßgerät zur Ermittlung der Strahlungsdichte an der Mondoberfläche. Solche Strahlungsmessungen geben unter anderem Aufschluß über die chemische Zusammensetzung des Mondgesteins.

Abgeschlossen im Januar 1967

Neuer Saturn-Mond entdeckt

Im Jahrhundert der 5- und 6-Meter-Spiegelteleskope, der fortgeschrittenen Himmelsfotografie und der Radioteleskope, die uns in den letzten Jahrzehnten die äußersten Randgebiete und das Zentrum der Galaxis erschlossen haben und heute im Gebiet der Metagalaxis forschen, sind Entdeckungen in den relativ nahen Zonen unseres Planetensystems, wenn sie sich nicht auf neue Erkenntnisse stützen, die mit raumfahrttechnischen Mitteln gewonnen wurden, etwas äußerst Seltenes.

Da erreicht uns die fast sensationelle Nachricht, daß mit Hilfe der Himmelsfotografie am Astronomischen Observatorium in Paris-Meudon ein neuer Saturn-Mond entdeckt wurde. Die Mitteilung kommt von Dr. Audouin Dollfus, der am dortigen Institut Aufnahmen ausgewertet hat, die am 15., 16. und 17. Dezember 1966 mit Hilfe einer lichtstarken Himmelskamera aufgenommen wurden. Sie zeigen den Saturn-Mond am 15. Dezember 1966 in seiner östlichsten Stellung vom Planeten, und am 16. und 17. Dezember 1966 in der westlichsten Lage vom Saturn. Daß der neuentdeckte Mond so schnell von der einen auf die andere Seite der Planetenkugel wechseln kann, muß eine kurze Umlaufzeit vermuten lassen, die dann auch zu 18 Stunden bestimmt werden konnte. Diesem Ergebnis entspricht eine relativ enge Umlaufbahn um den Himmelskörper: der neue Mond bewegt sich in großer Nähe des Saturnrings, was seine Auffindung auch so äußerst schwierig machte. Der Bahndurchmesser der Mondbahn beträgt nach vorläufigen Bestimmungen rund 315 000 km.

Daß der neue Mond gerade zu den genannten Terminen fotografiert werden konnte, ist kein Zufall. Am 18. Dezember 1966, 0.00 Uhr MEZ, passierte die Erde nämlich die Ringebeane des Saturn. Zu dieser Zeit blicken wir von der Erde genau auf die schmale Kante des Ringes, und zu diesem Zeitpunkt wird der Ring praktisch unsichtbar, so daß die Reflexion des Sonnenlichtes durch die Ringteilchen nicht störend bei der Beobachtung des Mondes ins Gewicht fiel.

Der Saturn hat somit wieder zehn Monde. Lange Zeit zählte man zum Kreis seiner natürlichen Satelliten nur neun Himmelskörper, da ein zehnter Mond, den man früher einmal entdeckt hatte, wieder verloren ging, das heißt, daß er bei späteren Beobachtungen sich nicht bestätigen ließ.

Da der neuentdeckte Saturn-Mond von der 14. Sterngröße ist, wird verständlich, daß dieses schwache, nur in lichtstarken Fernrohren erkennbare Lichtpünktchen erst zu einem so späten Zeitpunkt entdeckt werden konnte.

HERBERT PFAFFE

Amateure beobachten und berichten

Haloerscheinungen und Niederschlagswahrscheinlichkeit

Der aufmerksame Beobachter des Sternhimmels wird an auffallenden optischen Erscheinungen der Atmosphäre stets interessiert sein, denn Wert und Güte aller astronomischen Beobachtungen hängen vom Zustand der Atmosphäre weitgehend ab. Oft vermindert die Herausbildung einer feinen Dunstschicht, die sich dem bloßen Auge noch nicht bemerkbar macht, die Schärfe der Beobachtung. Manche Mondbeobachtung mußte wegen wallender Luftbewegungen in der Atmosphäre um den Mondrand abgebrochen werden. Ebenso zeigen geringe Lichtschwankungen bei der Beobachtung Veränderlicher die Unruhe in höheren Luftschichten an. Nicht nur Wassertropfchen, die optische Erscheinungen (Mondhof) durch Beugung des Lichtes liefern, auch Eiskristalle können sich störend auswirken. (Dr. Richter, Tautenburg, in Heft 7 und 8 1964 der Zeitschrift „Die Sterne“). Am 14. Februar 1964 zeigten die Sternaufnahmen eine Verlängerung von 30 Bogenminuten in vertikaler Richtung und zwar nur bei horizontnahen Sternen bis zu einer Höhe von 30 Grad. Dr. Richter bezeichnet diese Erscheinung als Sternsäulen, sie kommen ebenso zustande wie die auffallenden Lichtsäulen bei Sonne und Mond. Sie entstehen durch Spiegelung des Lichtes an den glatten Flächen der Eiskristalle.

Aus den Niederschlagstagebüchern der Jahre 1963 bis Mitte 1966 habe ich die Haloerscheinungen zusammengestellt. Es sind dies der kleine Ring, Nebensonnen und Lichtsäulen. In diesem Zeitraum wurden an der Sonne 42 und am Mond acht Haloerscheinungen beobachtet. Bei den Sonnen-Halos folgte innerhalb der nächsten drei Tage Niederschlag in 31 Fällen, bei den Mond-Halos in vier Fällen. Daraus ergibt sich bei den Sonnen-Halos eine Niederschlagswahrscheinlichkeit von 74 Prozent, bei den Mond-Halos von 50 Prozent.

Die Anzahl der Sonnen-Halos in den jeweiligen Jahren zeigt folgende Übersicht:

Jahr	n	N
1963	11	4
1964	6	3
1965	19	2
1966	6	2

Unter N steht die Zahl jener Erscheinungen, nach denen innerhalb der nächsten Tage kein Niederschlag erfolgte.

Physikalisch ist dieser Befund leicht einzusehen, da die Halo-Erscheinungen durch Brechung des Lichtes an Eiskristallen entstehen und bei herankommenden Tiefdruckgebieten Cirruswolken, die aus Eiskristallen bestehen, dem nachfolgenden Regengebiet vorausseilen. Auch qualitative Unterschiede sind angedeutet, bei gut ausgebildetem Sonnenring ist meist mit einer längeren Wetterverschlechterung zu rechnen. Daß diese Zusammenhänge schon von unseren Vorfahren gut erkannt wurden, beweist folgende Wetterregel:

Ist der Ring nahe dem Mond, uns der Regen verschönt;
ist der Ring aber weit, hat er Regen im Geleit.

Mit dem engen Ring ist der Hof gemeint, mit dem weiten der eigentliche Halo.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Halo-Tage 1965

I. Halo-Statistik:

Monat	Zahl der Tage mit Halo-Erscheinungen		
	Sonnen-Halo	Mond-Halo	Halo überhaupt
Januar	2	1	3
Februar	0	0	0
März	1	1	2
April	4	0	4
Mai	1	0	1
Juni	5	0	5
Juli	3	0	3
August	1	0	1
September	1	0	1
Oktober	1	0	1
November	1	0	1
Dezember	0	2	2
Jahr	20	4	24

II. Halo-Tage 1965:

Monat	Datum der Tage mit Sonnen-Halo	Datum der Tage mit Mond-Halo
Januar	15., 28.	15.
Februar	-----	-----
März	20.	14.
April	6., 12., 15., 19.	-----
Mai	26.,	-----
Juni	12., 19., 20., 21., 27.	-----
Juli	1., 20., 27.	-----
August	14.	-----
September	20.	-----
Oktober	14.	-----
November	28.	-----
Dezember	-----	8., 9.

Mit freundlicher Genehmigung des Beobachters Dr. W. SANDNER, Grafing-Bahnhof b. München

Sonnenfleckentätigkeit im Jahre 1966

Refraktor: 50 mm Öffnung, Vergrößerung 30fach

Monat	R_m	n	N	N/n (‰)	r_m
Januar	12,0	9	4	44	16,2
Februar	22,9	9	0	0	17,2
März	16,7	11	0	0	20,4
April	24,0	11	0	0	21,8
Mai	20,3	14	2	14	25,2
Juni	31,2	5	0	0	26,4
Juli	30,2	12	0	0	29,1
August	31,4	18	2	11	29,8
September	28,5	16	0	0	33,0
Oktober	32,4	8	0	0	
November	33,8	6	0	0	
Dezember	50,0	3	0	0	
1966	27,2	122	8	7	

R_m = Monatsmittelwert

n = Anzahl der Beobachtungen

N = Fleckenfreie Tage

r_m = ausgeglichene Monatsmittelwerte

Die Monatsmittelwerte der Relativzahlen zeigen von geringen Schwankungen abgesehen eine steigende Tendenz. Die Zahl der fleckenfreien Tage nahm stetig ab.

Im letzten Vierteljahr schwankte die Gruppenzahl zwischen 2 und 5. Umfangreichere Gruppen mit mittelgroßen Flecken waren am 17.–19. 10. und 23.–25. 11. sichtbar. Anfang Dezember (vom 6.–9.) war ein größerer kreisrunder Fleck mit regelmäßiger Penumbra bemerkenswert. Die Flecken bildeten sich vorwiegend auf der Nordhalbkugel, nur am 10. 10. und 9. 12. konnte eine Gruppe auf der Südhalbkugel beobachtet werden.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

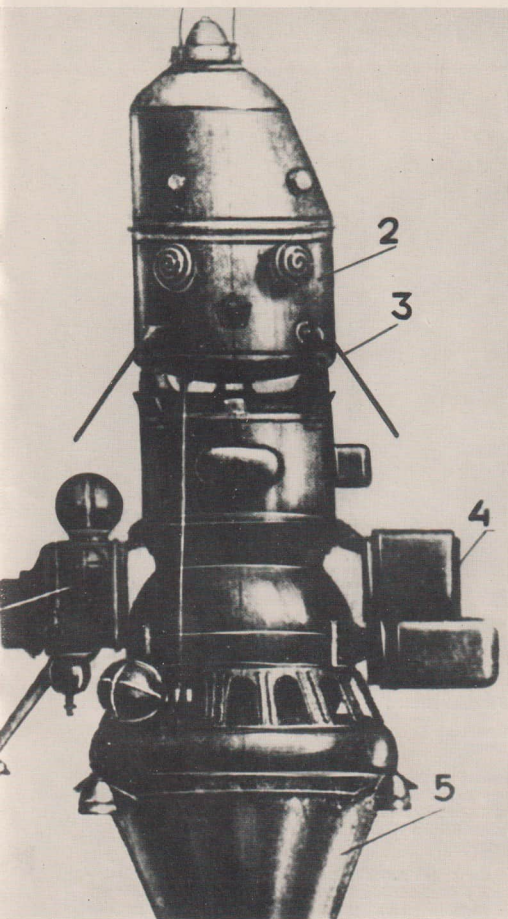
Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Astronomietagung in Dresden

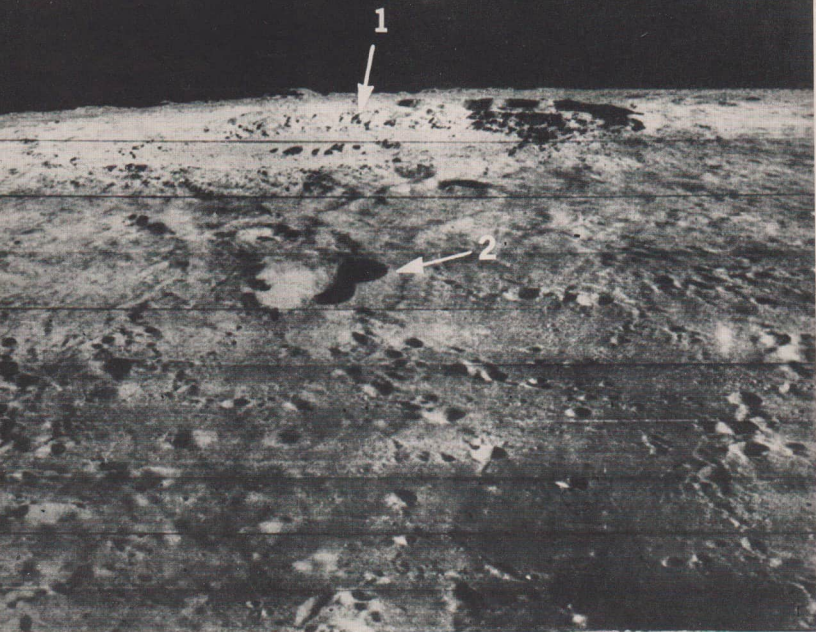
Der Bezirksfachausschuß Astronomie des Deutschen Kulturbundes hatte die Freunde der Himmelskunde für den 31. Oktober 1966 zu seiner IX. Astronomietagung in den Gartensaal des Deutschen Hygienemuseums in Dresden eingeladen. Liebhaberastronomen und Mitglieder der Fachgruppen aus dem Bezirk füllten den Gartensaal fast bis auf den letzten Platz. Auch außerhalb des Bezirks wohnte Bundesfreunde waren gekommen.

Ing. Hans-Joachim Blasberg, der Vorsitzende des Bezirksfachausschusses und Leiter der Fachgruppe Dresden, erstattete den Arbeitsbericht. Aus ihm ging u. a. hervor, daß in Zittau

**Die
sowjetische
automatische
Station
Luna 10**



Diese Sonde wurde am 3. April 1966 kurz nach 18^h 44^m WZ zum ersten von Menschenhand geschaffenen künstlichen Satelliten des Mondes. Dabei ist (2) der eigentliche Meßsatellit, der durch eine besondere Vorrichtung (3) von dem Antriebs- und Steuerungsteil nach Erreichen der Mondsatellitenbahn getrennt wurde. (1) ist das Funkmeßsystem, das während des Fluges zum Mond gearbeitet hat. (4) ist das Astro-Orientierungssystem und (5) das Haupttriebwerk. Man erkennt ferner am wulstförmigen oberen Rand des Triebwerkes zwei der vier kleineren Steuerdüsen. Auch die kugelförmigen Behälter für Preßgas sind zu sehen. In seiner Grundgestalt (außer dem eigentlichen Satelliten) ähnelt Luna 10 der Vorgängersonde Luna 9 (Vergl. „Astronomie und Raumfahrt“ Heft 4/1966).



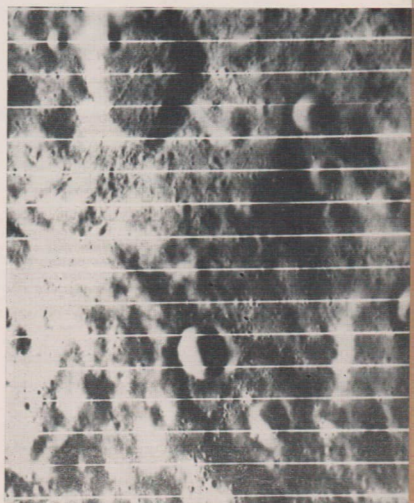
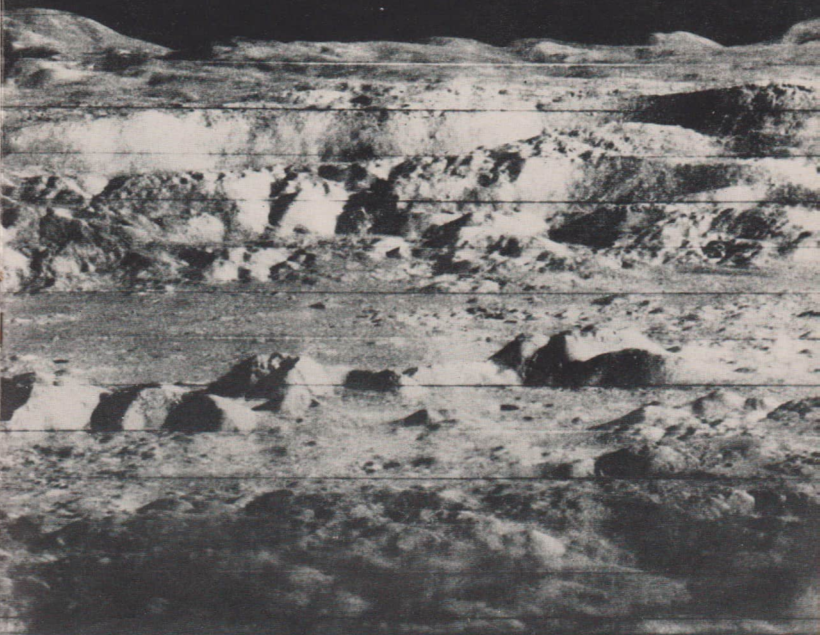
Mondaufnahmen des amerikanischen Mondsatelliten Lunar-Orbiter 2

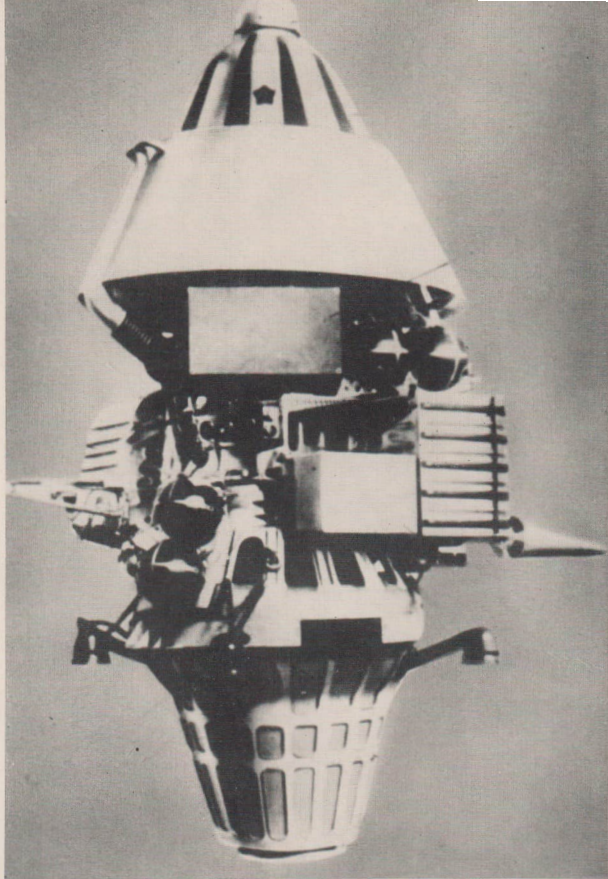
Oben: Am Horizont (Pfeil 1) das Ringgebirge Kopernikus. Davor (Pfeil 2) der Doppelkrater Fauth, 20 km Durchmesser, 1300 m Tiefe. Von dort zieht sich nach rechts unten im Bogen eine Kette kleiner Krater.

Seite 49 oben: Dieses Bild zeigt die durch Pfeil 1 bezeichnete Gegend des Kraters Kopernikus in Großaufnahme.

Seite 49 unten links: Aufnahme des Lunar Orbiter 1. Hier handelt es sich um ein Gebiet westlich des Kraters Landsberg. Die Koordinaten des Bildmittelpunktes betragen 30 Grad West und 1 Grad Nord. Die Sonne steht 12 Grad über dem Horizont. Die Ausdehnung der abgebildeten Fläche ist 40 mal 47 km. Eine langgestreckte tiefe Rille ist deutlich zu erkennen.

Seite 49 unten rechts: Eine der ersten Aufnahmen des amerikanischen Mondsatelliten Lunar Orbiter 1, die ein Gebiet der Mondrückseite zeigt. Das Bild wurde mit der Kamera mit mittlerem Auflösungsvermögen gewonnen. Die kleinsten noch zu erkennenden Krater haben einen Durchmesser von 30 Metern.





DIE SOWJETISCHE MONDSONDE LUNA 12 gelangte am 25. 10. 1966, kurz nach 20 h 47 m WZ in eine Mondsatellitenbahn. Der Triebwerkstell besitzt (am Wulst) vier Steuertriebwerke sowie kugelförmige Preßgasbehälter. Die Photoausrüstungen sind am linken mittleren Teil angebracht. Der Kasten mit den gerippten Wänden, rechts im Mittelteil, enthält das Astro-Orientierungssystem, die kegelförmige Spitze am unteren Rand dieser Baugruppe ist eine Bildfunktendeantenne. Im glatten Kasten der mittleren Baugruppe befinden sich chemische Batterien. Die kegelförmige obere Baugruppe ist das Wärmeregulierungssystem (wichtig für Bildaufzeichnung und -bearbeitung); am oberen Abschluß arbeitet ein Strahlungsmeßgerät.

der Bau der neuen Sternwarte mit dem 40-cm-Spiegel seiner Vollendung entgegengeht. Es wäre zu begrüßen, wenn die Zittauer Fachgruppe die Eröffnungsfeier für ihre Sternwarte mit einer Arbeitstagung verbinden könnte. Die Arbeiterfestspiele, die 1967 im Bezirk Dresden stattfinden, werden auch in unserer Arbeit in Erscheinung treten. Herzlichen Dank sprach Bundesfreund Blasberg allen aus, die sich auch 1966 an der Urlauberbetreuung beteiligten und dadurch die Freude an unserer nützlichen und schönen Tätigkeit anderen vermitteln.

Im fachlichen Teil unserer Tagung sollte traditionsgemäß auch diesmal nur ein Thema behandelt werden, und zwar jeweils von einem Fachmann, einem Liebhaber und einem Praktiker am Fernrohr. War das Thema des vergangenen Jahres die Sonne gewesen, so galt die diesjährige Tagung der Astrometrie im weiteren Sinne.

Prof. Dr. U. Sandig, Direktor des Lohrmann-Instituts der Technischen Universität Dresden sprach über die Bedeutung der Astrometrie für die Astronomie und die Geodäsie. In anschaulicher Weise erzählte er von ihren Methoden und ihren Ergebnissen, berichtete von den klassischen Untersuchungen über die Sternpositionen, die ihren Niederschlag in den verschiedenen Sternkatalogen gefunden haben (wie z. B. im Fundamentalkatalog 4 (FK 4) oder dem Astronomischen-Gesellschafts-Katalog 3 (AGK 3)). Im FK 4 sind etwa 1550 Sternpositionen erfaßt, im AGK 3 wurden 250 000 Sterne vermessen. Prof. Sandig würdigte die Bedeutung dieser Kataloge für die Erkennung der Eigenbewegung der Sterne und die daraus abgeleiteten stellarstatistischen Überlegungen und Erkenntnisse für den Aufbau des Universums. Auch auf die neuen Ergebnisse der Astrometrie mit Hilfe künstlicher Himmelskörper und ihre Bedeutung als Satellitengeodäsie für die Erkennung der wahren Erdform wies der Vortragende hin. Über Polverschiebungen, Änderungen der Erdrotation und damit letztlich über die Beeinflussung der Ephemeridenzeit und die Erkennung ihrer Differenzen konnte er nur noch kurz berichten.

Prof. Dr. J. Hopmann (Universitäts-Sternwarte Wien) sprach über die heutige Mondforschung. Seine persönliche Art der Problemstellung gewinnt durch fesselnde Vortragsweise. Hinsichtlich der Höhenmessungen auf dem Mond versetzte er uns Liebhabern insofern einen Dämpfer, als er für wissenschaftlich brauchbare Messungen mindestens ein 6-Zoll-Gerät voraussetzt. Trotzdem glaube ich, daß auch Besitzer kleinerer Geräte an diesen Messungen wenigstens eine persönliche Freude haben werden, wenn sie der Anleitung folgen, die uns Bundesfreund Dr. Ahnert im Kalender für Sternfreunde 1962, S. 133, gegeben hat.

Die wirkliche Freude daran – das gab auch Prof. Hopmann zu – wird vor allem durch die rechnerische Tätigkeit ausgelöst. Neu war für mich wie für andere auch der Hinweis auf den sogenannten d'Argent-Effekt: Danach soll die Helligkeit des verfinsterten Mondes vom Zeitpunkt der Finsternis im Zyklus der Sonnenflecken abhängen. Der Mond ist bei Finsternissen im Minimum der Sonnenfleckenaktivität am dunkelsten, wird gegen das Maximum der Sonnenflecken heller, um noch weiter bis zum nächsten Minimum in der Helligkeit anzusteigen; dann folgt wieder ein plötzlicher Abfall der Helligkeit des verfinsterten Mondes. Damit hängt es vielleicht zusammen, daß die Halbschattenfinsternis vom 4. Mai 1966 so deutlich auf der Mondoberfläche sichtbar war; das Sonnenfleckenminimum war ja eben vorüber.

Prof. Hopmann sprach dann noch über vulkanische Tätigkeit auf dem Monde und daraus resultierende Lichterscheinungen. Statistische Erhebungen sollen ergeben haben, daß im Perigäum doppelt so viele vulkanische Lichterscheinungen nachweisbar seien als im Apogäum.

Die beiden Vorträge des Nachmittags galten der Berechnung von Doppelsternbahnen aus visuellen Beobachtungen (Dr. H. J. Felber, Sternwarte Babelsberg) und der Konstruktion und Wirkungsweise der Mikrometer (Dr. M. Steinbach, VEB Carl Zeiss Jena).

Für die Berechnung der Doppelsternbahnen bleibt die Anleitung gültig, die Dr. U. Güntzel-Lingner im Kalender für Sternfreunde 1954 gegeben hat. Dr. Felber legte besonderen Wert auf die Hinweise über eventuell auftretende Fehler bei den Positionsbestimmungen, die dann einen großen Einfluß auf die endgültigen errechneten Bahnelemente haben können, ja sie manchmal vollständig verfälschen.

Dr. Steinbach wies in seinem Vortrag über die Mikrometer ebenfalls mit besonderem Nachdruck auf die verschiedenen Fehlermöglichkeiten hin, die auch bei Hochleistungsgeräten auftreten können. Für uns Liebhaber wird es immer noch am leichtesten und schließlich auch am billigsten sein, mit den einfachen Strich-, Ring- oder ähnlichen Mikrometern zu arbeiten. Wenigstens habe ich aus dem interessanten Vortrage für mich selbst diesen Schluß gezogen.

Bundesfreunden und Interessenten aus anderen Bezirken der Republik, die an unserer X. Tagung 1967 teilnehmen möchten, ist zu empfehlen, sich rechtzeitig um eine Einladung und ein Programm bei Bdfr. Ing. H.-J. Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Straße 44, zu bemühen. Das Arbeitsthema der X. Tagung wird „Kosmologie, Kosmogonie, Astrologie, philosophische Probleme“ sein.

MR DR. KARL SIGMUND, Kamenz

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

Sowjetische Raumfahrtforschung 1964 bis 1966

I. Teil

Die beiden sowjetischen Forscher Prof. Dr. Anatoli Arkadjewitsch Blagonrawow und Dr. Michail Kroschkin veröffentlichten in der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ 8/1966 einen längeren Beitrag über die Ergebnisse der sowjetischen Welt-raumforschung. Prof. Blagonrawow ist Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Leiter ihrer Kommission für Weltraumforschung, Vizepräsident des Internationalen Komitees für die Erforschung des kosmischen Raumes und ständiger Vertreter im Weltraum-Ausschuß. Dr. Kroschkin arbeitet seit 1957 in der Arbeitsgruppe für Raketen und Sputniks und ist seit 1963 Mitglied der Kommission für Weltraumforschung. Nachfolgend die wichtigsten Gedanken aus dem inter-essanten Beitrag der beiden Autoren:

Am 23. April 1965 startete der Nachrichtensatellit Molnija-1. Dieses Unternehmen verlief erfolgreich, weil viele damit verbundene technische Probleme bereits bei früheren Flügen anderer Satelliten gelöst werden konnten. Molnija-1 wurde auf eine stark exzentrische Umlaufbahn gebracht, deren erdfernster Punkt über der nördlichen Halbkugel liegt. Diese Bahn ermöglicht eine relativ lange Übertragungszeit von etwa 9 Stunden bei jedem Umlauf, der insgesamt rund 12 Stunden dauert. Dabei ist bei dem ersten Teil des Umlaufs die Nachrichtenverbindung mit allen Punkten der Sowjetunion sowie mit zahlreichen Ländern Europas und Asiens möglich. Beim zweiten Teil des Umlaufs kann über Molnija-1 Funkverbindung zwischen dem europäischen Teil der Sowjetunion und Amerika hergestellt werden.

Anfangs wurden mit Hilfe des Satelliten Versuchsübertragungen vorgenommen, und es wurde die Qualität der Telefongespräche, Fernsehübertragungen, telegraphischen und phototelegraphischen Meldungen überprüft. Dazu gehörte auch die Übertragung von Farbfernsehprogrammen. Nach diesen Versuchen nahm im Juni die öffentliche Fernsprechklinie Moskau – Wladiwostok den Betrieb über den Satelliten auf, der außerdem Fernsehprogramme zwischen Moskau und dem Fernen Osten regelmäßig austauscht.

Am 14. Oktober wurde der zweite Satellit dieser Serie gestartet, der ebenfalls eine Umlaufbahn mit großer Exzentrizität besitzt. Ihr höchster Punkt liegt über der nördlichen Halbkugel in einer Entfernung von 40 000 Kilometern, ihr nächstgelegener Punkt bei 500 Kilometern. Die Äquatorneigung der Umlaufbahn beträgt 65 Grad, die Umlaufzeit 11 Stunden, 59 Minuten. An Bord von Molnija-2 befanden sich eine Übertragungsapparatur für Fernsehprogramme und für Mehrkanalfunkverbindungen, die Apparatur des Kommando- und Meßkomplexes sowie die Systeme zur Orientierung und Korrektur der Flugbahn und zur Energieversorgung.

Am 16. Juli 1964 wurde der Instrumententräger Proton-1 auf eine Flugbahn mit einem erdfürnsten Punkt bei 627 Kilometern, einem erdnächsten Punkt bei 190 Kilometern und einer Neigung von 69,5 Grad gebracht. Das Gesamtgewicht der Nutzlast betrug 12,2 Tonnen. Das wissenschaftliche Programm des Satelliten sah vor:

Untersuchung der ungefilterten Sonnenstrahlung und ihrer Auswirkungen;

Untersuchung des Energiespektrums und der chemischen Zusammensetzung der Teilchen primärer kosmischer Strahlen im Energiebereich bis 10^{16} Elektronenvolt; Untersuchung von Kernreaktionen kosmischer Teilchen mit Energien bis 10^{12} Elektronenvolt;

Bestimmung der Intensität und des Energiespektrums galaktischer Gammastrahlen mit Energien über 50 Millionen Elektronenvolt;

Bestimmung der absoluten Intensität und des Energiespektrums von Elektronen galaktischer Herkunft.

Auch die Starts der Satelliten der Kosmos-Serie wurden fortgesetzt. Bis zum 25. Oktober wurden 93 Flugkörper dieser Serie auf ihre Umlaufbahn gebracht, wobei in einigen Fällen mit einer Trägerrakete gleichzeitig mehrere Flugkörper – bis zu 5 – auf kreisförmige, dicht nebeneinanderliegende Flugbahnen gelangen. Der erste der im Jahre 1965 gestarteten Satelliten dieser Serie war Kosmos 52. Somit war der Satellit Kosmos 93, dessen Start am 19. Oktober 1965 erfolgte, der 41. Satellit dieser Serie im Jahre 1965.

Innerhalb von vier Tagen, zwischen dem 12. und dem 16. November, wurden in der Sowjetunion zwei interplanetarische Instrumententräger zur Erforschung des Weltraums und des Planeten Venus gestartet. Der November 1965 war vom Standpunkt der gegenseitigen Lage Erde – Venus ein äußerst günstiger Zeitraum für derartige Starts. Solche Perioden wiederholen sich nur etwa alle 19 Monate. Beide Instrumententräger bewegten sich auf Bahnen zur Venus, die den berechneten äußerst nahe kamen.

Venus 2 und Venus 3 unterschieden sich erheblich voneinander. Sie waren nicht nur zur gegenseitigen Prüfung der Meßergebnisse bestimmt, sondern hatten auch getrennte Aufgaben zu erfüllen. Dabei verfolgten die sowjetischen Erdstationen erstmalig in der Geschichte der Kosmonautik gleichzeitig zwei interplanetarische Instrumententräger. Das Rechenzentrum leistete doppelte Arbeit, und die Wissenschaftler dechiffrierten und analysierten die mengenmäßig doppelten und entsprechend bedeutend wertvolleren wissenschaftlichen Informationen.

Im Jahre 1964 startete die Sowjetunion in Übereinstimmung mit dem Programm des Internationalen Jahres der ruhigen Sonne 100 meteorologische Feststoffraketen, die jeweils eine Apparatur von 14 Kilogramm Gewicht in Höhen bis zu 90 Kilometern beförderten. Die Starts erfolgten zu den geophysikalischen Weltzeitpunkten auf der Insel Heis im Franz-Joseph-Land und in mittleren Breiten. Das gewonnene Material ermöglicht es, bestimmte Schlußfolgerungen über die Besonderheiten der Saisonabhängigkeit des Wärme-, Druck- und atmosphärischen Zirkulationsfeldes zu ziehen. Eine Verbindung zwischen diesen Feldern wurde statistisch

festgestellt; insbesondere zeigte es sich, daß Veränderungen des Wärme-Druck-Feldes gleichzeitig mit Veränderungen des Windfeldes erfolgen. Es wurde ermittelt, daß bei Vorgängen in diesen Feldern in der unteren Stratosphäre die troposphärischen, also die erdnäheren Prozesse eine große Rolle spielen, während sich die Felder der oberen Stratosphäre unter dem Einfluß der Sonnentätigkeit ändern.

Mit Hilfe der in dem Erdsatelliten Kosmos 45 installierten Apparatur wurde kontinuierlich im Verlaufe von 65 Stunden die Verteilung der Energie im infraroten und ultravioletten Spektrum der vertikal nach oben gerichteten Erdstrahlung gemessen. Die Wellenlängen der Infrarotapparatur betrugen 1,2 millionstel Millimeter für das eine Gerät und 2,5 millionstel Millimeter für das andere, örtlich jedoch rund 10 millionstel Millimeter. Aus bestimmten Aufzeichnungen eines Photometers kann man den Charakter der Bewölkung beurteilen und, fehlt diese, die Eigenschaften der darunterliegenden Oberfläche. Diese äußern sich auch durch die Strahlung im sogenannten Transparenzfenster. Die Intensität der Langwellenstrahlung im Bereich zwischen 17 und 24 millionstel Millimetern, die einer effektiven Temperatur zwischen 240 und 270 Grad Kelvin entspricht, erwies sich als schwach abhängig von der geographischen Breite, jedoch stark veränderlich von Ort zu Ort. Die neuentdeckten Eigenschaften der Infrarotstrahlung sind zu erklären, wenn man annimmt, daß sich die effektive Quelle der Strahlung in der Troposphäre befindet. Zwei intensive spektrale Emissionsbereiche wurden entdeckt: der Kohlendioxydbereich (12,9 bis 17 millionstel Millimeter) und der Sauerstoffbereich (rund 9,6 millionstel Millimeter). Letzterer ist zeitlich und örtlich stark veränderlich. Bei der Auswertung der Daten stellte sich heraus, daß die effektive Höhe der strahlenden Atmosphäre 150 Kilometer erreicht.

Aerostatische Messungen der Sonnenstrahlung im Bereich zwischen 0,4 und 13 millionstel Millimetern wurden gleichzeitig mit anderen atmosphärischen Messungen durchgeführt. Außer der Absorption des Wasserdampfes wurde die Absorption des Kohlendioxyds (4,2 millionstel Millimeter) und des Stickstoffes (9,6 millionstel Millimeter) bestimmt. Die gemessene Absorption des Kohlendioxyds stimmt in mittleren Höhen mit der theoretisch angenommenen überein, wenn man die Konzentration des Kohlendioxyds mit der Höhe als konstant annimmt. Die Beobachtungen lassen auch Schlußfolgerungen über die höhenmäßige Verteilung des Ozons zu.

Die Apparaturen der Elektron-Satelliten registrierten auf den Abschnitten der Umlaufbahn, die außerhalb der Strahlungsgürtel lagen, kosmische Strahlen. In diesem Teil der Forschungen wurde festgestellt, daß sich die Intensität der kosmischen Strahlen im Rhythmus der Sonnenaktivität verändert, wobei in Übereinstimmung mit dem Effekt der Beeinflussung der Strahlen durch die Ströme des „interplanetaren Plasmas“ während des Minimums der Aktivität ein Maximum der Intensität der kosmischen Strahlen zu verzeichnen war (etwa im August und September 1964). Ferner wurde eine allmähliche Veränderung der Intensität der kosmischen Strahlen innerhalb von rund einer Woche registriert. Sie ähnelt der früher beobachteten, war jedoch deutlicher ausgeprägt und wurde im Verlaufe eines längeren Zeitraumes beobachtet. Unter Berücksichtigung dessen, daß auch die Schwankungen der magnetischen Feldstärke gleiche Tendenz und gleiche Periode aufweisen, ist dieses Ergebnis ein Beweis dafür, daß diese ebenfalls von außen aufgeprägt sind.

Mit den Elektron-Satelliten wurden ebenfalls schwere Kerne in primären kosmischen Teilchenströmen registriert. Ein Vergleich mit den Beobachtungen, die während des Maximums der Sonnenaktivität angestellt wurden, zeigt ein gleichartiges Wachstum der Ströme aller Kerngruppen auf das 1,7fache bis Zweifache gegenüber dem Minimum der Aktivität. Diese Schlußfolgerung ist statistisch aus-

reichend gesichert und wurde erstmalig gezogen. In Perioden erhöhter Sonnenaktivität wurde ein kurzfristiges Ansteigen der Intensität des Stroms von Kernen mit der Ladung 15 (Phosphor) beobachtet. Die mit Elektron 2 gewonnenen Daten bestätigen in Höhen von etwa 15 000 Kilometern über dem Äquator einen steilen Konzentrationsabfall geladener Teilchen, wie er bereits im Jahre 1959 von den sowjetischen Instrumententrägern der Luna-Serie entdeckt worden war. Auch wurden beim Durchfliegen des äußeren Strahlungsgürtels bedeutende Ströme (bis zu 100 Millionen Elektronen pro Quadratzentimeter und Sekunde) „weicher“ Elektronen (bis zu 20 000 Elektronenvolt) festgestellt. Die Größe dieser Ströme verändert sich von Umlauf zu Umlauf bedeutend stärker als diejenige „harter“ Teilchen (mit höheren Energien).

Die in dem interplanetarischen Instrumententräger Sonde 2 und den Satelliten 2 und 4 der Elektron-Serie installierten Apparaturen ermöglichten es, Daten über die Verteilung von Meteorstaub in der Umgebung der Erde und im interplanetaren Raum zu erhalten. In der Zeit vom 31. Januar bis zum 10. März 1964 stellten sie drei Intensitätszunahmen von Meteorstaub fest. Ihre mittlere Dichte betrug ungefähr ein Teilchen auf etwa 300 bis 600 Millionen Kubikmeter. In einem von diesen Fällen war es möglich, die Richtung des Stromes der Teilchen und das Ausmaß ihrer Feinverteilung zu bestimmen.

Im Jahre 1964 wurden auch die experimentellen und theoretischen Beobachtungen der Röntgenstrahlung der Sonne fortgesetzt. Ihre Hauptaufgabe bestand in der Klärung des Entstehungsmechanismus. Durch die Satelliten 1 und 2 der Elektron-Serie wurde die Strahlung gleichzeitig in zwei Spektralbereichen gemessen. Dadurch konnten aus der Strahlung der Sonne eine gewissermaßen „beständige“ Komponente, die von den unerregten Gebieten der Korona kommt und eine sich langsam verändernde Komponente, die in den aktiven Gebieten der Korona erzeugt wird, ausgesondert werden.

Die sowjetischen und amerikanischen Experimente zur Erforschung der Venus mit radioastronomischen Methoden gaben die Möglichkeit, die Temperatur auf der Schattenseite dieses Planeten zu rund 630 Grad Kelvin zu bestimmen. An den Polen wurden kältere Gebiete entdeckt, deren Temperatur etwa 150 Grad unter der Äquatortemperatur liegt. Der Radius der Venus wurde zu etwa 6060 Kilometern bestimmt, die „Dielektrizitätskonstante“ an der Oberfläche zu 2,5.

Die Beobachtung des Infrarotspektrums des Mars im Bereich zwischen 1,1 und 4,1 millionstel Millimeter zeigte 12 Kohlendioxyd-Absorptionsbanden, von denen sieben bisher noch nicht bekannt waren. Nach relativen Intensität der Banden konnte der volle atmosphärische Druck an der Oberfläche des Planeten ermittelt werden, der etwa 20 Millibar beträgt. Der relative Gehalt an Kohlensäure in der Marsatmosphäre wird auf 10 Prozent geschätzt. Daraufhin konnte ein neues Modell der Marsatmosphäre konstruiert werden. In einer Höhe von 100 Kilometern sind die Kohlendioxydmoleküle vollständig in ihre atomaren Bestandteile zerlegt. Die Dichte der Marsatmosphäre entspricht bei 70 Kilometer Höhe der Dichte der Erdatmosphäre in gleicher Höhe. Es ist wahrscheinlich, daß die Atmosphäre Stickstoff und Argon enthält. Das Absorptionsspektrum der Polarkappe bestätigt die Existenz von Eis. Ferper erinnert die Spektralcharakteristik des Rückstrahlvermögens an die des Brauneisensteins.

Einen besonderen Platz unter den gewonnenen Ergebnissen nehmen die photographischen Aufnahmen der Rückseite des Mondes durch den automatischen Instrumententräger Sonde 3 ein. Starttermin und Flugbahn wurden so gewählt, daß beim Vorbeifliegen am Mond unter anderem Aufnahmen der unsichtbaren Teile gemacht werden konnten, welche im Jahre 1959 noch unbeobachtet bleiben mußten. Damit gibt es jetzt auf der Rückseite des Mondes fast keine „weißen Flecken“ mehr.

Sonde 3 flog auf der Sonnenseite am Mond vorbei. Ihre Flugbahn lag südlich der Ebene des Mondäquators; dadurch konnte der südliche, breitere Teil des nicht-erforschten Gebietes besser erfaßt werden. Zu Beginn der Aufnahmen befand sich der Instrumententräger noch über der sichtbaren Seite des Mondes in 11 670 Kilometern Entfernung. Dabei erschien der Mond Sonde 3 nahezu als Vollmond, während er in dieser Zeit für die Erde fast im letzten Viertel stand. Bei der weiteren Bewegung erreichte der Instrumententräger die unsichtbare Seite des Mondes und näherte sich allmählich seiner Oberfläche bis zu einer kleinsten Entfernung von 9230 Kilometern. Danach entfernte er sich wieder vom Erdtrabanten und erreichte gegen Ende der Aufnahmen eine Entfernung von 9960 Kilometern.

Bei einer Entfernung der Flugbahn vom Mond von rund 10 000 Kilometern erfaßte jede Aufnahme einen großen Teil des nichterforschten Gebiets. Während der Aufnahmen veränderte sich die Lage von Sonde 3 bezüglich des Zentrums des Mondes etwa um 60 Grad, und jeder Abschnitt des nichterforschten Gebietes wurde unter verschiedenen Winkeln – sozusagen mit verschiedener Perspektive – aufgenommen, was zusätzliche Möglichkeiten sowohl bei der Untersuchung der Mondlandschaft als auch beim Studium der Charakteristik ihrer Reflexionseigenschaften gibt.

Die optischen Achsen der Spektralgeräte waren parallel zur optischen Achse der Kamera gerichtet, so daß eine Ortung der gewonnenen Spektren möglich war. Für diese Aufgaben stand ein neues Photofernsehsystem geringer Abmessungen bereit, das speziell zum Photographieren und Übertragen von Bildern bestimmt war und unter den Bedingungen eines längeren kosmischen Fluges einwandfrei arbeitet. Die Aufnahmen des Mondes wurden am 20. Juli zwischen 4.24 Uhr und 5.32 Uhr Moskauer Zeit gemacht. Das Kommando für den Beginn wurde um 3.57 Uhr von der Erde aus gegeben; alle weiteren Operationen erfolgten automatisch ohne Einschaltung von Erdstationen. Sofort nach dem Kommando begann das Orientierungssystem die Suche nach dem Mond und die Drehung des Instrumententrägers, um das Objektiv des Photofernsehsystems auf die erleuchtete Seite des Mondes zu richten. Gleichzeitig liefen weitere Vorbereitungsoperationen ab, und nach 14 Minuten schaltete sich das Spannungssystem der Kamera ein. Das Photographieren des Mondes begann in der 28. Minute und dauerte über eine Stunde. Der unmittelbar nach jeder Aufnahme bearbeitete Filmabschnitt gelangte anschließend in das System zur Übertragung des Bildes. Zwischen den einzelnen Aufnahmen lagen Pausen von etwa 2,15 Minuten, so daß insgesamt 25 Aufnahmen der Mondoberfläche gewonnen wurden.

Auf den Bildern kann man nicht nur eine große Zahl von Details erkennen, sondern auch die Besonderheiten der Gestaltung der Mondoberfläche untersuchen. Somit verfügen wir gegenwärtig über ausführliches optisches Informationsmaterial praktisch von der gesamten Oberfläche des Mondes.

Vor allem ist zu bemerken, daß die neuen Photographien die früher gezogene Schlußfolgerung über die geringe Zahl ausgedehnter Senken – traditionsgemäß werden sie als „Meere“ bezeichnet – auf der Rückseite des Mondes bestätigen. Während der nördliche Teil der erdzugewandten Halbkugel des Mondes in der Hauptsache mit Meeren bedeckt ist, liegt auf dem nördlichen Teil der Rückseite des Mondes ein gigantischer Kontinent; eine helle Erhebung, die mit Kratern überzogen ist. Dieser Kontinent übersteigt in seinen Ausmaßen den seiner Antipoden – den südlichen Kontinent der sichtbaren Halbkugel – bedeutend. Von größtem Interesse für uns sind die auf der Rückseite entdeckten meeresähnlichen Gebilde, die man Thalasside nennt. Sie stellen sehr große Senken dar, deren Böden mit Kratern übersät sind. In ihren Ausmaßen sind sie mit Meeren zu vergleichen, ihr Durchmesser erreicht 500 Kilometer. Jedoch zeichnet sich ihr Boden durch eine besondere

Struktur aus und besitzt nicht die für die Meere charakteristische dunkle Farbe. Auf der sichtbaren Seite des Mondes finden wir keine derartig deutlich ausgeprägten Senken. Ähnlichkeit mit einigen Thalassiden besitzt der stark zerstörte Krater Delambre, der nicht weit von dem bekannten strahlenförmigen Krater Tycho entfernt liegt, und möglicherweise der größte Krater der sichtbaren Seite, Bailly. Bereits jetzt kann man feststellen, daß die früher gezogene Schlußfolgerung über die hohe Konzentration der Krater auf der Rückseite richtig ist. Auf den neuen Aufnahmen wurden bereits über tausend Gebilde ermittelt. So finden sich auf den Bildern der Oberfläche der Mondrückseite über 600 Krater mit einem Durchmesser von 5 bis 20 Kilometern, rund 200 Krater von 20 bis 50 Kilometern, etwa 40 Krater von 50 bis 100 Kilometern und rund ein Dutzend Krater über 100 Kilometer. Die kleinsten auf den Bildern festgestellten Krater haben einen Durchmesser von rund 3 Kilometern. Die untersuchten Krater besitzen die für den Mond typische Form, wobei einige Zentralberge haben und andere als Zentren strahlenförmiger Systeme erscheinen.

Außerordentlich interessant sind Kraterketten großer Ausdehnung, die auf der sichtbaren Halbkugel nicht anzutreffen sind. Sie werden von Kratern mittlerer Abmessung zwischen 10 und 30 Kilometern Durchmesser gebildet. Einige dieser Ketten, die vom hellen Kontinentbereich in nördlicher Richtung zum Östlichen Meer verlaufen, haben 600 und mehr Kilometer Länge.

Der dunkle Fleck auf dem rechten unteren Teil der Bilder sei besonders erwähnt. Ein kleiner Teil davon konnte schon früher von der Erde aus beobachtet werden. Er wurde als Östliches Meer bekannt. Jetzt können wir erstmalig die echte Gestalt dieses Gebildes beurteilen. In seiner unmittelbaren Nähe befinden sich die dunklen Streifen des Herbstmeeres und des Frühlingsmeeres sowie zwei weitere dunkle Gebilde, die früher von der Erde aus nicht beobachtet werden konnten. Die auf visuellen Beobachtungen begründete Annahme der Existenz eines weiteren Meeres südlich des Östlichen Meeres — es wurde Kleines Meer genannt — fand durch die neuen Photographien keine Bestätigung.

Die Existenz einer großen Zahl von Details auf den Bildern, die zu der von der Erde aus sichtbaren Halbkugel gehören, ermöglichte es, die neuen Gebilde in das einheitliche „selenographische“ Koordinatensystem aufzunehmen.

Die gemeinsame Betrachtung der Photos der Rückseite des Mondes vom Jahre 1959 und der letzten Aufnahmen von Sonde 3 bestätigt die bekannte Schlußfolgerung über die Asymmetrie des Mondes bezüglich der Ebene, die ihn in die sichtbare und unsichtbare Halbkugel teilt: Auf der Rückseite sind wenig Meere, sie ist im ganzen heller und bergiger.

Redaktioneller Beitrag

Über einige Probleme des Strahlenschutzes bei kosmischen Flügen III

H. SWART

Wie in den ersten beiden Teilen dieser Arbeit („Astronomie und Raumfahrt“ Heft 4/66 und Heft 1/67) gezeigt wurde, erfordern kosmische Flüge je nach der beabsichtigten Mission mehr oder weniger aufwendige Strahlenschutzmaßnahmen, die sich hauptsächlich auf die folgenden vier Gebiete Abschirmung — Strahlungsüberwachung und Warnung — Dosimetrie — Medizinischer Schutz konzentrieren:

Abschirmung

Die erste und wichtigste Schutzmaßnahme ist die Abschirmung. Sie muß so bemessen sein, daß die von den Kosmonauten während des Fluges akkumulierte Dosis nach Möglichkeit nicht die Toleranzgrenze von 25 rem, keinesfalls aber die Notfalldosis von 200 rem übersteigt. Gegenwärtig benutzt man zu diesem Zweck feste Abschirmungen. Es gibt jedoch bereits Projekte, Raumfahrzeuge vor hoch-energetischer Protonenstrahlung mit Hilfe magnetischer Felder oder Plasmawolken abzuschirmen.

Betrachten wir zunächst die feste Abschirmung. Bereits bei der Auswahl des Materials für den Schutzpanzer bzw. bei der Beurteilung der Baustoffe des Raumfahrzeugs hinsichtlich ihrer abschirmenden Wirkung sind vielfältige Probleme zu beachten. Das Abschirmungsvermögen der Materialien ist unterschiedlich. Für hoch-energetische Protonen nimmt es z. B. in der Reihenfolge Blei < Kupfer < Aluminium < Beryllium < Kohlenstoff zu. Die Protonen lösen in dem Abschirmungsmaterial Kernprozesse aus, die eine Sekundärstrahlung verursachen. Der Dosisanteil durch Neutronen kann vernachlässigt werden ($\leq 10\%$), wenn die Abschirmung aus wasserstoffreichem Material besteht. Verwendet man jedoch Werkstoffe aus Elementen mit höherer Ordnungszahl, so verstärkt sich die Neutronenstrahlung. Im Falle von Aluminium würde z. B. die Neutronendosis bei einer Materialstärke von mehr als 10 g/cm^2 die direkte Protonendosis übersteigen. Deshalb eignen sich zur Absorption von Protonen am besten Polyäthylen, Wasser oder flüssiger Wasserstoff.

Bei der Abschirmung von Elektronen tritt bekanntlich eine Bremsstrahlung auf. Je höher die Ordnungszahl des Abschirmungsmaterials, um so größer ist der Anteil dieser Bremsstrahlung. Das Material sollte daher eine niedrige Ordnungszahl besitzen, um diesen Anteil gering zu halten. Für eine gute Absorption der Bremsstrahlung ist andererseits ein Material mit hoher Ordnungszahl erwünscht. Deshalb wurde zur Abschirmung von Elektronen die Kombination einer äußeren Schicht aus leichtatomigen Elementen mit einer inneren Schicht aus schweren Elementen vorgeschlagen (3).

Der Schutz der Besatzung eines Raumfahrzeugs erfolgt durch individuelle und kollektive Abschirmungsmaßnahmen. Individuell lassen sich die Kosmonauten durch ihre Raumanzüge, einschließlich Helmen und Schutzbrillen, bis zu einem gewissen Grad abschirmen. Die Augen sind mit einer Toleranzdosis von 27 rad die empfindlichsten Organe. Schützt man sie durch Brillen, so werden die blutbildenden Organe zu den empfindlichsten Körperpartien. Der gesamte Raumanzug mit seiner effektiven Abschirmungsstärke von etwa $0,5 \text{ g/cm}^2$ ermöglicht den Ausstieg der Kosmonauten aus dem Raumfahrzeug in eine nicht allzusehr verstrahlte Umgebung.

Die Abschirmung des Raumfahrzeugs selbst ist nach der beabsichtigten Mission bemessen. Die bisherigen Raumflüge in den Regionen unterhalb der Strahlungsgürtel oder das kurzzeitige Eintauchen der Gemini-Raumfahrzeuge in die untersten Bereiche der Van-Allen-Gürtel erforderten keine besonderen Strahlenschutzpanzer. Hier genügte die abschirmende Wirkung der Zelle und der Innenausrüstung. Auch bei der Entwicklung zukünftiger Raumfahrzeuge für Flüge innerhalb der Strahlungsgürtel oder außerhalb des Erdmagnetfeldes werden die Konstrukteure bemüht sein, bereits durch optimale Anordnung der Ausrüstung, d. h. der Instrumente, Lebensmittel-, Wasser- und Treibstoffvorräte, Sauerstoff- und Wasserregenerierungsanlagen, Navigationsgeräte usw., eine maximale abschirmende Wirkung zu erzielen. Nur an einigen wenigen Stellen des Raumfahrzeugs ist dann noch eine spezielle Abschirmung notwendig. Mit dieser Methode ist eine enorme Gewichtseinsparung verbunden. Beim Mondflug kann man daher auf einen tonnen-schweren Schutzpanzer verzichten. Mit Computern durchgeführte Berechnungen (11)

ergaben für die abschirmende Wirkung des Apollo-Raumfahrzeugs die in Tabelle 15 (S. 62) zusammengestellten Werte. Daraus geht hervor, daß durch nur 9 Prozent der Oberfläche der Führungseinheit (Command Module, CM) 60 Prozent der Strahlendosis ins Innere gelangen. Diese „schwache“ Stelle befindet sich in der Fensterregion. Im Bedarfsfall, d. h. bei Ankündigung eines solaren Protonenschauers, kann hier eine zusätzliche Abschirmung durch Vorsetzen von Ausrüstungsgegenständen erfolgen. Dazu eignen sich z. B. Wasservorratsbehälter oder die mit Lithiumhydroxid gefüllten Kanister des Luftregenerierungssystems.

Die Führungseinheit (CM) ist wesentlich stärker abgeschirmt als das eigentliche Mondlandefahrzeug (Lunar Excursion Module, LEM). Ein Teilchenfluß, der im CM zu einer Dosis von 1 rem führt, ruft im LEM 17 rem hervor. Die Wahrscheinlichkeit, daß während des Mondfluges die Notfalldosis von 200 rem nicht überschritten wird, beträgt für die Apollo-Astronauten 0,999.

Interplanetare Raumflüge, die mit bedeutend längeren Reisezeiten verbunden sind, erfordern noch stärkere Abschirmungen. Solare Protonenausbrüche stellen bei diesen Flügen die Hauptgefahr dar. Die Beziehung zwischen Intensität der solaren kosmischen Strahlung und der Entfernung von der Sonne ist noch nicht genau bekannt. Aus den bisherigen Messungen mit Raumsonden glaubt man entnehmen zu können, daß die Intensität der 2,5ten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional sei. Unter dieser Voraussetzung würden sich für einen solaren Protonenschauer in Entfernungen, die den Planetenbahnen entsprechen, folgende Intensitätsverhältnisse ergeben:

Erde = 1; Merkur = 10; Venus = 2,3; Mars = 0,35 und Jupiter = 0,02.

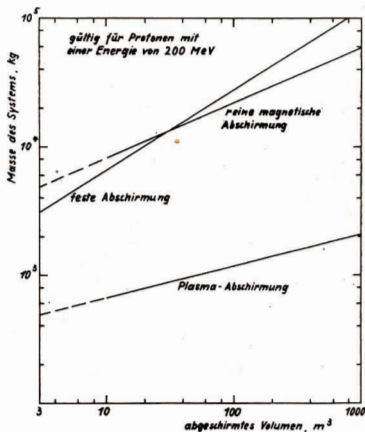
Da die Sonneneruptionen nur von Zeit zu Zeit auftreten, wurden für interplanetare Raumfahrzeuge spezielle Strahlenschutzräume vorgeschlagen, in die sich die Besatzung für die Dauer der erhöhten Strahlungssituation zurückzieht. Martin und Zosak (17) berichten z. B. über die Konzeption eines Raumfahrzeuges für Venus- bzw. Mars-Vorbeiflüge. Solche Missionen könnten vielleicht schon Ende der 70er Jahre ausgeführt werden; die Reisezeiten betragen 348 bzw. 641 Tage. Charakteristisch für den Entwurf ist ein zentralgelegener Strahlenschutzraum, dessen Panzer aus Aluminium und Polyäthylen besteht. Die Masse des Schutzraums beträgt 4800 kg für den Venus- und 5500 kg für den Mars-Vorbeiflug.

Besonders für interplanetare Raumfahrzeuge wurden aus Gründen der Gewichteinsparung noch zwei andere Abschirmungsmethoden vorgeschlagen. Bernert und Stekly (12) berichteten über das Projekt einer magnetischen Abschirmung zum Schutz vor hochenergetischen Protonen. Sie besteht hauptsächlich aus einer supraleitenden Drahtspule mit der dazugehörenden Trägerstruktur und einem kryogenen System zur Abkühlung der Spule unter die Sprungtemperatur. Als Material für den Draht soll sich besonders eine Niob-Zinn-Legierung eignen, die auch in starken Magnetfeldern ihre Supraleitfähigkeit nicht einbüßt. Die Spule wird auf einer Temperatur wenig über dem absoluten Nullpunkt gehalten. Ein einmal in der Spule induzierter Strom hält ohne weitere Energiezufuhr über längere Zeit ein Magnetfeld aufrecht, das die ankommenden Protonen ablenkt bzw. abbremst. Damit ähnelt die Wirkung dem natürlichen Abschirmungseffekt des Erdmagnetfeldes. Die abgeschirmte Kabine ist kugel- oder ringförmig.

Nach der empirischen Gleichung $M_s = 22,6 E^{0,872} V^{0,439}$ kg, kann die Masse M_s des magnetischen Systems für Protonenenergien (E) von 200 bis 700 MeV und abgeschirmte Volumina (V) von 10 bis 1000 m³ ermittelt werden. Bei abzuschirmenden Räumen von mehr als 30 m³ ist das magnetische Abschirmungssystem leichter als eine feste Abschirmung. Eine weitere Senkung des Gewichts aufwandes um eine Größenordnung soll mit der von Levy und Janes (13) vorgeschlagenen Plasma-

abschirmung erreicht werden. Ein durch einen Supraleiter erzeugtes Magnetfeld hält eine Elektronenwolke, die wiederum in der Lage ist, Protonen abzubremesen bzw. von der ringförmigen Kabine abzulenken.

Abb. 5
zeigt einen Massenvergleich
der drei Abschirmungssysteme.



Strahlungsüberwachung und Warnung

Die Überwachung der Sonnenaktivität und der Strahlungssituation im erdnahen und interplanetaren Raum vor und während eines jeden Raumfluges ist für Leben und Gesundheit der Kosmonauten von entscheidender Bedeutung.

Ballonsonden, Höhenraketen, Satelliten, Raumsonden und besonders die optischen und radioastronomischen Sonnenüberwachungsstationen liefern die Informationen, die in der Zentrale des Strahlungswarndienstes zusammenlaufen und ausgewertet werden. Hier trifft man dann die Entscheidung über den Starttermin oder den weiteren Verlauf des Raumfluges und ordnet nötigenfalls auch den vorzeitigen Abbruch des Unternehmens an. Der Ausstieg Leonows wurde z. B. erst genehmigt, als feststand, daß sich in der benötigten Zeitspanne keine Sonneneruption ereignen würde.

Die Warnsysteme auf der Erde können folgende, bei einem solaren Protonenausbruch stark intensivierte oder charakteristisch veränderte Erscheinungen benutzen:

1. Solare Radiostrahlung im Zentimeterwellenbereich. Sie ist durchschnittlich zwei Stunden vor Ankunft der ersten Protonen zu beobachten
2. Solare Röntgenstrahlung
3. Solare UV-Strahlung
4. Sichtbare Sonneneruption, besonders im Licht der $H\alpha$ -Linie
5. Solare Magnetfeldverteilung
6. Ionosphärische Störungen

Das für die Apollo-Flüge geplante Warnsystem (14) beruht auf der Überwachung der H α -Emission und der Radiobursts im Zentimeterwellenbereich. Zur optischen Beobachtung der Sonnenaktivität dienen kleine vierzöllige Teleskope. Ein eingebautes Lyot-Filter (Polarisationsinterferenzfilter) löscht alle störenden Spektralanteile aus, so daß die Sonne im Licht der H α -Linie abgebildet wird. Die Überwachung erfolgt auf dreierlei Art: Aufzeichnung auf einem fotografischen Film mit einer Bildfolge von sechs Bildern pro Minute, Aufzeichnung auf Magnetband mit Hilfe einer Vidicon-Röhre und während jeder Apollo-Mission zusätzliche visuelle Beobachtung durch ein Okular. Zur Überwachung der Zentimeterwellenstrahlung verwendet man kleine Radioteleskope, deren Parabolantennen 8 Fuß Durchmesser besitzen. Die Arbeitsfrequenzen sind 4995, 2695 und 1420 MHz und entsprechen dem Intervall von 6 bis 21 cm Wellenlänge. Die Ergebnisse werden auf Registrierstreifen, Magnetband und im Fernschreiberformat aufgezeichnet. Die Arbeitsweise aller Geräte ist weitgehend automatisiert.

Um die täglich 24stündige, auch nicht durch zufällige Wolkendecken beeinträchtigte Überwachung der Sonne zu garantieren, macht es sich notwendig, ein die ganze Erde umspannendes Beobachtungsnetz einzurichten. Sieben optische Teleskope sollen in Carnavon, Canberra (beide Australien), Hawaii, Guayamas (Mexiko), Houston (Texas), Madrid und Tananarive (Madagaskar) sowie drei Radioteleskope in Canberra, Houston und Madrid stationiert werden. Die Meldungen laufen über Kabel im Apollo-Kontrollzentrum in Houston zusammen, werden ausgewertet und der Flugdirektor erteilt den Astronauten die der jeweiligen Strahlungssituation entsprechenden Anweisungen.

Den größten Teil der Flugzeit verbringt die Besatzung in der gut abgeschirmten Führungseinheit. Tritt während des Hin- bzw. Rückfluges eine solare Eruption auf, so haben die Astronauten die Möglichkeit, die schwachen Stellen der Wandung mit Ausrüstungsgegenständen zu verstärken. Die Umkehr bzw. beschleunigte Rückkehr zur Erde ist während dieser Flugphasen nicht möglich. Unter Umständen kann auch eine günstige räumliche Orientierung des Raumfahrzeugs zu einer Reduzierung der akkumulierten Dosis führen. Dazu wird das Apollo-Raumfahrzeug so ausgerichtet, daß die Antriebseinheit die Führungseinheit vor dem ankommenden Protonenstrom zusätzlich abschirmt. Diese Schutzmöglichkeit ist jedoch begrenzt, weil sich die Teilchen bei den meisten solaren Ausbrüchen isotrop ausbreiten und bei den übrigen Eruptionen die anisotrope Ausbreitung nur während der ersten Stunden erfolgt.

In der Mondumlaufbahn angekommen, beginnt für zwei Astronauten die, vom Standpunkt des Strahlenschutzes gesehen, kritischste Phase. Sie müssen aus dem schützenden Mutterschiff in das kaum abgeschirmte LEM umsteigen, um mit diesem auf dem Mond niederzugehen. Bis zu ihrer Rückkehr zum Mutterschiff sind sie der solaren kosmischen Strahlung fast schutzlos ausgesetzt. Auf dem Mond selbst von einer Eruption überrascht, würde ihnen auch das Auffinden eines abschirmenden Hohlraumes unter der Oberfläche nicht viel nützen, da der Sauerstoffvorrat in den tragbaren Geräten nur für drei bis vier Stunden reicht, während ein solarer Protonenschauer gewöhnlich einige Tage andauert. Wird in dieser Phase des Unternehmens eine Sonneneruption gemeldet, so hat der Flugdirektor eine schwierige Entscheidung zu treffen. Ist der Ausbruch nur schwach, können die Astronauten vielleicht ihre wichtigsten Aufgaben ausführen, und man verkürzt lediglich die vorgesehene Aufenthaltsdauer auf der Mondoberfläche. Tritt dagegen eine starke Eruption auf, muß unverzüglich das Mutterschiff in der Umlaufbahn aufgesucht werden.

Man wird in dieser Lage bemüht sein, einen vernünftigen Kompromiß zwischen dem Wert der erreichbaren wissenschaftlichen Forschungsergebnisse und der von den Astronauten akkumulierten Strahlendosis zu finden.

Dosimetrie

Die Strahlungskontrolle an Bord des Raumfahrzeugs ist eine weitere wichtige Maßnahme des Strahlenschutzes. Kernstrahlungsmeßgeräte verfolgen während des Fluges kontinuierlich die Dosisleistung im Inneren des Raumschiffes ebenso wie an seiner Außenwandung und signalisieren sofort jede Verschlechterung der Strahlungssituation. Diese komplexe Meßanordnung gestattet es der Besatzung, die Wirkung einer zusätzlichen Abschirmung zu ermitteln, bei anisotropem Strahlungseinfall das Raumfahrzeug in die günstigste räumliche Lage auszurichten und, wenn notwendig, die Schutzmaßnahmen rasch zu korrigieren.

Von nicht geringerer Bedeutung sind die individuellen Dosimeter, die jedes Besatzungsmitglied an seinem Körper trägt. Mit ihrer Hilfe kann nach der Rückkehr der Kosmonauten eine genaue Aussage getroffen werden, wie groß die von jedem Besatzungsmitglied aufgenommene Strahlungsdosis ist. Dies ist besonders wichtig, um im Falle einer übermäßigen Strahlenexposition gezielte therapeutische Maßnahmen einleiten zu können. Bei Anwendung verschiedener bzw. unterschiedlich abgeschirmter Dosimeter läßt sich auch nachträglich die Art der Kernstrahlung, ihre Energie und daraus der RBW-Faktor angenähert bestimmen. Zum Beispiel wurden bei den Wostok-Flügen von den Kosmonauten nur minimale Strahlungsdosen aufgenommen (Tabelle 16). Man stellte fest, daß diese Dosen zu 85 bis 90 Prozent auf die Einwirkung der galaktischen kosmischen Strahlung zurückzuführen sind (15).

Tabelle 15
Abschirmung der Führungseinheit (CM)
des Apollo-Raumfahrzeugs

Oberflächendichte g/cm ²	Fläche %	einfallende Dosis %
< 1,8	0	0
< 5	9	60
< 10	35	89
< 15	50	100
< 20	58	100
< 25	62	100
< 30	67	100
< 35	76	100
< 40	85	100
< 50	95	100
< 60	100	100

Tabelle 16
Von sowjetischen Kosmonauten
akkumulierte Strahlungsdosen

Kosmonaut	Flugdauer h	Dosis mrad	Dosisleistung mrad/d
Gagarin	1,5	0,5	8,4
Titow	25	13	12
Nikolajew	94	64	16
Popowitsch	71	51	17
Bykowski	119	81	16
Tereschkowa	71	48	16

Auch zur Erforschung der Strahlengefahren und der Schutzmöglichkeiten werden in den rückführbaren Satelliten in großem Umfange Dosimeter benutzt. Der Biosatellit Komos 110, mit dem bekanntlich die Einwirkung der Protonen in den untersten Schichten der Strahlungsgürtel auf die Hunde Weterok und Ugoljok untersucht wurde, war z. B. mit insgesamt etwa 300 Dosimetern (Thermolumineszenzgläser und Filmdosimeter) ausgerüstet, die auch zur Kontrolle verschiedener Abschirmungsexperimente benutzt wurden. Außerdem befanden sich 10 Sätze Kernemulsionen an Bord, die zur Ermittlung der Zusammensetzung der Strahlung dienten.

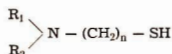
Medizinischer Schutz

Bereits seit mehreren Jahren untersuchen Wissenschaftler in aller Welt die biologische Wirkung der hochenergetischen Protonenstrahlung, die Besonderheiten der durch sie ausgelösten Strahlenschäden sowie die Möglichkeiten der Prophylaxe und Therapie des Strahlensyndroms. Im Vereinigten Institut für Kernfor-

schung in Dubna werden Versuchstiere den in Synchrozyklotronen stark beschleunigten Protonen ausgesetzt (16). Aus der klinischen Charakteristik der Strahlenschäden und durch Vergleich der radiobiologischen Effekte läßt sich die relative biologische Wirksamkeit der Protonen ermitteln. Das breite Energiespektrum der kosmischen Strahlung führt dazu, daß sich die akkumulierte Strahlungs-dosis unterschiedlich auf den Körper der Tiere verteilt. Es ist daher notwendig, die Strahlengefährdung an Hand der Schädigung der kritischen Organe zu beurteilen. Außer den Augenlinsen, den blutbildenden Organen, den Keimdrüsen und der Haut ist nach neueren Erkenntnissen auch der Vestibularapparat, zumindest unter Raumflugbedingungen, als kritisches Organ zu betrachten.

Inzwischen wurden die Tierversuche, wie der Satellit Kosmos 110 beweist, auch in den Weltraum selbst verlegt, und die medizinisch-biologischen Experimente finden unter der Einwirkung der natürlichen kosmischen Strahlungen und der anderen raumflugbedingten Faktoren, wie z. B. Schwerelosigkeit und erhöhten körperlichen Anstrengungen, statt.

Von besonderem Interesse sind gegenwärtig die pharmakologischen Versuche mit chemischen Strahlenschutzmitteln. Diese sind darauf gerichtet, durch prophylaktische Gabe bestimmter Substanzen eine Steigerung der Strahlenresistenz des gefährdeten Organismus zu erreichen. Im Tierversuch konnte mit den besten, bisher bekannten Strahlenschutzstoffen eine Erhöhung der Resistenz um etwa den Faktor 2 erzielt werden. Chemische Strahlenblocker mit praktischer Bedeutung finden sich in folgenden Stoffklassen: Sulfhydrylverbindungen, Antihistaminika, Vitamine (z. B. Vitamin B₆), Hormone (z. B. Stilböstrol) u. a. Die wirksamsten Substanzen sind Sulfhydrylverbindungen und an folgende chemische Konstitution gebunden:



Dabei soll die zentrale Kohlenstoffkette nicht größer als $n = 3$ sein. R_1 und R_2 lassen sich durch kleine organische Reste, z. B. Alkylgruppen, oder Wasserstoff substituieren. In Tabelle 17 sind vier der wichtigsten Strahlenblocker angeführt. Cystamin unterscheidet sich im wesentlichen vom Cysteamin durch eine bessere Verträglichkeit und orale Wirksamkeit. In der Klinik wird es auch zur Therapie des Strahlensyndroms angewandt. Dem Cysteamin nahestehend ist das weniger toxische und im Tierversuch wirksamere AET. Cystein und AET werden erst im Körper in die aktiven Wirkstoffe umgewandelt. Alle Substanzen müssen 15 bis 30 Minuten vor der Strahlenexposition verabreicht werden und entfalten ihre Schutzwirkung für etwa 2 bis 3 Stunden.

Tabelle 17

Einige praktisch bedeutsame chemische Strahlenschutzmittel

Chemische Bezeichnung	Synonym	Formel
2-Mercaptoäthylamin	Cysteamin	$HS-C_2H_4-NH_2$
2,2'-Diaminodiäthyl-disulfid	Cystamin	$H_2N-C_2H_4-S-S-C_2H_4-NH_2$
α -Amino- β -mercaptopropionsäure	Cystein	$HS-CH_2-CH-COOH$ NH_2
S- β -Aminoäthylisothiuronium-bromidhydrobromid	AET	$H_3N-C_2H_4-S-C \begin{array}{l} \nearrow NH \\ \searrow NH_2 \end{array}, 2 HBr$

Ein vor einem solaren Protonenausbruch gewarntes Astronautenteam auf der Mondoberfläche könnte sich z. B. mit Hilfe dieser Substanzen während der bis zum Erreichen des Mutterschiffes in der Umlaufbahn benötigten Zeitspanne einen zusätzlichen Schutz verschaffen. Ähnliches mag auch für kurze Flüge in den Strahlungsgürtel gelten. Chemische Strahlenschutzmittel werden daher zweifellos zu den wichtigsten Medikamenten in der Bordapotheke gehören. Außerdem gewährt eine protonenreiche Nahrung einen gewissen biologischen Schutz. Es muß jedoch betont werden, daß all diese prophylaktischen Maßnahmen die Strahlenschäden nicht verhindern, sondern nur ihr Ausmaß in einem gewissen Umfang reduzieren können.

Unter ungünstigen Umständen kann es trotz aller Schutzmaßnahmen passieren, daß der eine oder andere Kosmonaut oder gar die ganze Besatzung eine über die Toleranzdosis hinausgehende Strahlenmenge aufnimmt und strahlenkrank wird. In diesem Falle muß so schnell wie möglich eine ärztliche Behandlung erfolgen, auf längeren Reisen durch den Bordarzt im Raumfahrzeug selbst, bei Erdumkreisungen bzw. Mondflügen sofort nach der Rückkehr zur Erde.

Es gibt keine kausale Therapie des Strahlensyndroms, die Behandlung erfolgt vielmehr symptomatisch, d. h., es werden die einzelnen Krankheitserscheinungen bekämpft. Die größte praktische Bedeutung besitzen dabei die völlige Ruhigstellung des Körpers, Vollbluttransfusionen, eiweißreiche Ernährung, die Gabe von Vitaminen, Antibiotika (zur Vorbeugung gegen Infektionen) sowie symptomatisch wirkende Medikamente je nach Bedarf, z. B. Antischockmittel, Antihistaminika, Sedativa u. a. Die Anwendung von Milzhomogenaten bzw. Knochenmarktransplantationen ist problematisch und ihr Wert noch umstritten.

Einige Faktoren, wie körperliche Anstrengungen, Hitze, Kälte und hoher Sauerstoffpartialdruck, wirken sich zusätzlich schädigend auf das Strahlensyndrom aus. In diesem Zusammenhang gewinnen Bequemlichkeit und optimale physiologische Bedingungen in der Kabine des Raumfahrzeugs an Bedeutung. Die einwandfreie Funktion aller Geräte, die das Mikroklima in der Kabine regeln sowie die Auswahl einer Atmosphäre mit nicht zu hohem Sauerstoffpartialdruck erweisen sich somit als weitere Strahlenschutzmaßnahmen.

Obwohl der Strahlenschutz bei kosmischen Flügen gegenwärtig noch manches ungelöste Problem enthält, kann abschließend betont werden, daß die verschiedenen kosmischen Strahlungen kein prinzipielles Hindernis für Raumflüge darstellen. Mit fortschreitender Entwicklung von Wissenschaft und Technik wird man auch den zuverlässigen Strahlenschutz für mehrjährige interplanetare Reisen meistern. Bei Erdumkreisungen unterhalb der Strahlungsgürtel und für die bevorstehenden Mondflüge kann man bereits heute den Kosmonauten einen ausreichenden Schutz bieten.

Literatur:

11. Raymes, F., „Apollo Spacecraft Nuclear Radiation Protection Status Report“, Second Symposium on Protection against Radiations in Space, Catlinburg, Tenn. 1964, NASA, Washington 1965, S. 365–75.
12. Bernert, R. E. und Z. J. J. Stekly, „Magnetic Radiation Shielding Using Superconducting Coils“, ebenda S. 199–209.
13. Levy, R. H. und G. S. Janes, „Plasma Radiation Shielding“, ebenda S. 211–15.
14. Higgins, P. W., „Operational Procedures for Apollo Dose Reduction“, ebenda S. 151–56.
15. Sisakjana, N. M. u. a., „Vtoroj gruppovoj kosmičeskij polët“, Moskau 1965, S. 202–03.
16. „Problemy radiacionnoj bezopasnosti kosmičeskich poletov“, Moskau 1964.
17. Martin, B. P. und J. Zosak, „A Manned Interplanetary Flight Concept“, Ann. New York Acad. Sci. 134 Art. 1 (1965), S. 126–48.

Buchbesprechung

Flieger-Jahrbuch 1967

Auch die 10. Ausgabe des Flieger-Jahrbuches bringt eine Reihe von Beiträgen zu astronautischen und raketentechnischen Problemen, die seine Anschaffung für den Raumfahrtinteressenten sowie die Büchereien der Volks- und Schulsternwarten durchaus lohnen. In einem 12 Seiten umfassenden Beitrag berichtet der sowjetische Wissenschaftler Prof. Dr. Blagonrawow über „Sowjetische Forschungsarbeiten im Weltraum“, womit sein im „Flieger-Jahrbuch“ 1956 veröffentlichter Beitrag chronologisch für den Zeitraum März 1965 bis März 1966 fortgesetzt wird. Ebenfalls als Fortsetzung aus der vorjährigen Ausgabe ist der Beitrag „Raumfahrt-medizinische Probleme“ von Dr. med. S. Jahne anzusehen, dessen Schwergewicht auf der Behandlung physiologischer Probleme, insbesondere der Auswirkungen verschiedener Atemgasgemische für Raumflieger liegt. Zwei aktuelle Themen behandelt Ing. H. Endert mit seinen Beiträgen „Luna 9 weich ge'landet“, in dem eine Zusammenfassung der an sich seinerzeit schon aus der Presse bekannt gewordenen Tatsachen um Flug und erste Ergebnisse von Luna 9 gegeben wird, sowie „Anzüge für den Kosmos“, eine recht interessante Darstellung der Probleme um Weltraumanzüge, die auch eine Beschreibung des Schutzanzuges des sowjetischen Astronauten Leonow enthält. Mit Fragen des Weltraumrechtes befaßt sich schließlich ein mehrseitiges Interview mit Prof. Dr. G. Reintanz, während am Anfang des Buches eine kurze Würdigung des im Januar 1966 verstorbenen sowjetischen Raumfahrttechnikers Koroljow erfolgt. Erwähnt sei noch der ebenfalls von H. Endert verfaßte Beitrag „Die Flugbahnen von Interkontinental-, Global- und Orbitalraketen“, der eine Erklärung dieser in jüngster Zeit in der Presse häufig auftauchenden Begriffe gibt.

Druck, Illustration der Beiträge sowie äußere Aufmachung des Buches sind – wie bei früheren Ausgaben – wiederum ausgezeichnet. Sie tragen dazu bei, daß diese beliebte Publikation als ein repräsentatives und international „konkurrenzfähiges“ Produkt des DDR-Büchermarktes angesehen werden kann. Wiederholt werden soll die bereits in einer früheren Rezension an dieser Stelle erhobene Forderung nach Aufnahme einer tabellarischen Übersicht über die im Berichtszeitraum durchgeführten Satellitenstarts – dies umso mehr, als die Zahl der Starts ständig steigt, das Behalten der Übersicht besonders für diejenigen, dem keine Primärliteratur zugänglich ist, immer schwerer wird und die Zahl der Zeitschriften, die regelmäßig solche lückenlosen Übersichten veröffentlichen, sich bei uns ständig verringert.

Auch der 10. Ausgabe kann man wiederum weite Verbreitung unter den Raumfahrtfreunden wünschen.

H. D. NAUMANN

Fliegerjahrbuch 1967, Herausgegeben von H. A. F. Schmidt, Transpress-Verlag für Verkehrswesen Berlin, 168 Seiten, zahlreiche Abbildungen, 15,- MDN.

Astronomie und Raumfahrt

Sonderheft 1

Preis des Sonderheftes 1,50 MDN. **Bestellungen bitte direkt an den Deutschen Kulturbund, Abt. Natur und Heimat, 102 Berlin, Liebknechtstraße 31. Die Bestellungen werden ausgeführt, wenn gleichzeitig der Betrag von 1,50 MDN (nur per Postanweisung) mit dem Vermerk „Für Astronomie und Raumfahrt Sonderheft“ eingegangen ist.** Es empfiehlt sich, sofort zu bestellen, da eine zweite Auflage nicht herausgegeben werden kann.

Herausgeber und Redaktion

h3 31052

Astronomie und Raumfahrt

Heinrich

5/B

Maximilianstr. 10



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt:

	Seite
Der Kosmos-Vertrag · Prof. Dr. <i>Gerhard Reintanz</i>	65
Strahlungsdruck und Raumflugtechnik · <i>H. D. Naumann</i>	68
Zur Ernährung und Wasserversorgung von Kosmonauten · <i>Hans Swart</i>	74
Die Katastrophe von Cape Kennedy · <i>Horst Hoffmann</i>	83

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Vierteljahr 1967 · <i>Erich Schütz</i>	85
---	----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitsplan 1967 des Bezirksfachausschusses Leipzig	85
Tätigkeitsbericht 1966 der Sternwarte Pulsnitz	86

Aus der Literatur · J. Classen

Neue Erkenntnisse über Planeten — Neues von Röntgenstrahlungsquellen — Ein neuer Sterntyp — Neuer Kanon der Sonnenfinsternisse — Selenologische Ansichten von Prof. Pascual Jordan — Was kommt nach der geglückten Mondlandung?	87
---	----

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Elektrochemische Energiequellen und -speicher für Raumflugkörper · <i>Dr. Eberhard Hollax</i>	88
Zweiter Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation · <i>Karl-Heinz Neumann</i>	92

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: 102 Berlin 2, Liebknechtstr. 31, Fernsprecher: 51 53 84/85. „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

Der Kosmos-Vertrag

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Die englische Zeitung „Economist“ schrieb vor längerer Zeit in einem Artikel „Der Ärger mit dem Weltraum“, daß sich der Kosmos mit toten Hunden und Katzen, ausgebrannten Raketen, aktiven und inaktiven Satelliten, Bombenresten und Kupfernadeln zu füllen beginnt (1). Inzwischen sind, um die Liste des „Economist“ zu vervollständigen, noch eine Spezialekamera der Firma Hasselblad hinzugekommen, die der amerikanische Astronaut Michael Collins beim Wiedereinstieg in die Raumkapsel „Gemini 10“ am 20. Juli 1966 verlor (2), ferner umkreisen ein Handschuh, ein Objektiv und ein Farbfilm, die ebenfalls von USA-Astronauten verloren wurden, unseren Globus (3). Insgesamt bewegen sich z. Z. etwa 1200 von Menschenhand geschaffene Objekte auf Bahnen um die Erde, den Mond und die Sonne, darunter z. Z. etwa 50 militärische Geheimsatelliten der USA. Wie der Vizepräsident der General Electric, Mister Paige, am 10. Oktober 1966 auf dem 17. Internationalen Astronauten-Kongreß in Madrid bekanntgab, sind im Mai 1965 zwei USA-Satelliten miteinander kollidiert; sie setzten jedoch ihre Umläufe um die Erde fort, nachdem ihre Kurse wieder stabilisiert werden konnten (4).

Es scheint im Kosmos eng zu werden. Die Verteilung der Funkwellen für die Verbindungen zu den Satelliten, Mond- und Planetensonden mußte bereits 1963 reglementiert werden, um einen unliebsamen und störenden „Funkwellen-Salat“ im Kosmos zu verhüten (5). Die weichen Mondlandungen von Luna 9 und 13 sowie von Surveyor 1 im Jahre 1966 deuten darauf hin, daß die Landung eines Menschen auf dem Mond und sein Rückflug zur Erde in naher Zukunft Wirklichkeit werden kann. In unserem Jahrhundert wird es wahrscheinlich zur Anlage von wissenschaftlichen Stationen auf dem Mond kommen, wie wir sie in der Antarktis kennen (6). Es ist also an der Zeit, die menschliche Tätigkeit im Weltraum vorausschauend rechtlich zu ordnen. Dies ist um so mehr geboten, weil nach Meinung maßgebender USA-Militärs der Weltraum das Schlachtfeld der Zukunft darstellt. Die Manager der großen Raketen- und Elektronik-Konzerne mögen hintergründig zu dieser Meinungsbildung der Generale beigetragen haben.

Die UNO-Vollversammlung hat in zwei einstimmig angenommenen Resolutionen aus den Jahren 1961 und 1963 erste Grundsätze für die Nutzung und Erforschung des Weltraumes aufgestellt, so z. B. Geltung des Völkerrechts auch im Weltraum, Nutzung und Erforschung des Weltraums im Interesse der gesamten Menschheit, keine Okkupation von Himmelskörpern durch die Staaten, Haftung der Staaten für Schäden, die durch Weltraumfahrzeuge ihrer Flagge entstehen, Hilfeleistung für in Raumnot befindliche Astronauten (7). Diese etwas allgemein formulierten Grundsätze bedürfen der Präzisierung und der vertraglich vereinbarten Rechtsverbindlichkeit zwischen den Staaten. Diesem Ziel will der von der UNO-Vollversammlung am 19. Dezember 1966 gebilligte Kosmos-Vertrag als erste Kodifizierung des Weltraumrechtes dienen. Dieser Vertrag über die Prinzipien der Tätigkeit der Staaten bei der Nutzung und Erforschung des Weltraumes einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper, ein 2000-Wörter-Dokument mit 17 Artikeln, macht aus den bisherigen Prinzipien vertraglich erhärtete und die Vertragspartner bindende Rechtsgrundsätze; ihre verpflichtende Rechtskraft ist größer als die der Prinzipien von 1961 und 1963.

Der Wortlaut des Vertrages ist seit dem Frühsommer 1966 im Rahmen des Juristischen Unterausschusses der UNO-Weltraum-Kommission auf seinen Tagungen

in Genf und New York beraten worden; Grundlage für die Verhandlungen bildeten ein sowjetischer und ein amerikanischer Vertragsentwurf (8). Schon zum Abschluß der Genfer Beratungen konnte der Vorsitzende des Unterausschusses Prof. Lachs (Polen) eine Übereinstimmung in neun Punkten feststellen (9). Letzte Schwierigkeiten wurden durch zweiseitige Verhandlungen zwischen der Sowjetunion und den USA im Herbst 1966 beseitigt. Der modifizierte sowjetische Entwurf eines Kosmos-Vertrages vom 5. Oktober 1966 (10) erleichterte die abschließenden Verhandlungen; neu war darin, daß die Vertragsstaaten die Bahnverfolgung kosmischer Objekte unter gegenseitiger Benutzung ihrer Beobachtungsstationen anstellen können und alle Stationen, Anlagen, Einrichtungen und Raumschiffe auf dem Mond und anderen Himmelskörpern den Vertragsstaaten auf der Grundlage der Gegenseitigkeit offenstehen sollten. Teile dieses Entwurfs sind im Wortlaut in den endgültigen Vertrag übernommen worden.

Ende November 1966 wußte die westdeutsche Nachrichten-Agentur DPA zu melden, daß sich die Sowjetunion und die USA über einen "Mondvertrag" geeinigt hätten (11). Die Verhandlungen in der UNO-Weltraum-Kommission in New York Anfang Dezember 1966 bestätigten diese Nachricht (12). Über das I. UNO-Komitee ging der Vertragstext der Vollversammlung zu, die ihn am 19. Dezember 1966, kurz vor Beendigung ihrer XXI. Tagung, einstimmig billigte.

Den Hauptpunkt des Kosmos-Vertrages bilden die Bestimmungen über das Verbot der Anlage von Militärstützpunkten und der Kernwaffenstationierung im Welt-raum und auf Himmelskörpern. Der Weltraum wird entmilitarisiert. Zur Sicherung dieser Entmilitarisierung sieht der Vertrag gegenseitige Inspektionen der Welt-raumanlagen z. B. auf dem Mond vor, die „in angemessener Frist“ angekündigt werden müssen. Der Kosmos-Vertrag ähnelt insoweit dem Antarktisvertrag von 1959 (13), der offenbar bei der Ausarbeitung der Vorschriften über die Kontrolle und Mitbenutzung von Mondstationen Pate gestanden hat.

Weitere Klauseln regeln u. a. Freiheit der Weltraumforschung für alle Staaten, die Mitbenutzung von Beobachtungsstationen auf Grund vertraglicher Vereinbarungen, die internationale Zusammenarbeit bei der Hilfeleistung für Astronauten, das Verbot der Okkupation von Himmelskörpern und die Haftpflicht des Staates, dessen Flugkörper anderen Staaten und deren Bürgern Schäden zufügen.

Nicht geregelt sind folgende Fragen: Was heißt friedliche Nutzung des Weltraumes? In welcher Höhe beginnt der Weltraum?

Aus dem Vertragstext ergibt sich, daß z. B. frei im Weltraum befindliche Flugkörper anderer Staaten nicht kontrolliert werden dürfen. Ferner folgt aus dem Okkupationsverbot nicht, daß ein Staat auf dem Mond kein Bergwerk anlegen darf, wenn ihn danach gelüstet und er die hohen Förder- und Transportkosten tragen will, die von der USA-Zeitschrift „Time“ auf rd. 500 000 Dollar pro Unze (gleich 28 Gramm) geschätzt werden (14).

Der Vertrag tritt in Kraft, sobald Großbritannien, die Sowjetunion, die USA und zwei weitere Staaten ihre Ratifikationsurkunden hinterlegt haben. Er kann mit einjähriger Frist gekündigt werden.

Dem Universalitätsprinzip gemäß steht der Vertrag allen Staaten zur Unterzeichnung offen; erstmalig hat die UNO-Vollversammlung bei einem von ihr beschlossenen Vertrag die „Alle-Staaten“-Klausel nach einem Vorschlag Indiens und Mexikos aus dem Jahre 1964 angenommen. Wie beim Moskauer Versuchsstopabkommen von 1963 sind für den Unterzeichnerstaat drei Depositarmächte nach seiner Wahl vorgesehen: Großbritannien, die Sowjetunion und die USA. Es genügt, wenn die Unterzeichnung und Hinterlegung der Ratifikationsurkunde in der Hauptstadt einer der drei Depositarmächte erfolgt. Damit ist, sehr zum Mißvergnügen Bonns, die Unterzeichnung und Ratifizierung des Vertrages durch unsere Republik möglich.

Leider konnte sich die UNO-Vollversammlung nicht dazu durchringen, dieses völkerrechtsgemäße Universalitätsprinzip auch bei der Einberufung der für September 1967 in Wien geplanten internationalen Weltraumkonferenz anzuwenden; die Konferenz soll sich mit praktischen Erfahrungen der Weltraumforschung beschäftigen und dabei auch die Frage behandeln, wie diese Erfahrungen den Entwicklungsländern zugänglich gemacht werden können. In diesem Fall beschränkte sich die Vollversammlung auf die Einladung von UNO-Mitgliedern und Mitgliedern der UNO-Sonderorganisationen und schloß mit dieser exklusiven „UNO-Klausel“ unter Verletzung des Universalitätsprinzips u. a. die DDR von der Teilnahme aus. Dies ist um so mehr zu bedauern, als die DDR an das Beobachtungsnetz zur Verfolgung der Satellitenbahnen angeschlossen ist und Funkbilder von Wettersatelliten aufnimmt.

Der Kosmos-Vertrag ist ein Kompromiß und klammert strittige Fragen aus. Er wird insgesamt als Fortschritt bewertet, dem sich die USA nicht entziehen konnten. Der Vertrag hat nicht nur juristische Bedeutung als erste Grundsatz-Kodifizierung des Rechts im Weltraum, sondern stellt zugleich, wie UNO-Generalsekretär U Thant feststellte, einen ersten Schritt zur weltweiten Zusammenarbeit im Weltraum dar; er empfahl eine schnelle Ratifizierung des Vertrages durch die nationalen Parlamente. Der sowjetische Delegierte Prof. Federenko begrüßte den Vertrag als eine wichtige Etappe in der Geschichte des Kampfes der friedliebenden Staaten für die Umwandlung des Kosmos in eine Zone des wirklichen Friedens und der internationalen Zusammenarbeit und würdigte die Arbeit Indiens, Mexikos, der USA und anderer Staaten am Zustandekommen des Vertrages. Die Vertreter der USA und Großbritanniens, Botschafter Goldberg und Lord Caradon, hoben die Bedeutung des Vertrages als Abrüstungsmaßnahme hervor. Der französische UNO-Vertreter Seydoux nannte den Vertrag „ein Werk des Friedens“; Schwierigkeiten könnten nach seiner Meinung jedoch entstehen, wenn der Weltraum-Ausschuß nicht bald die Grenze zwischen Weltraum und Luftraum definiere.

Die Londoner „Times“ vom 10. Dezember 1966 wies darauf hin, daß der Kosmos-Vertrag die Ausweitung des Wetrüstens verhindern und den Abschluß eines Atomwaffen-Sperrvertrages fördern kann, und die „Frankfurter Rundschau“ vom 15. Dezember 1966 war der Meinung, daß „die Bedeutung des Weltraumabkommens wesentlich größer ist als die des Verbots der Atomexplosionen in der Atmosphäre und unter Wasser“. Ist der Weltraum entmilitarisiert und atomwaffenfrei, mögen auch die Diskussionen und Pläne über militärisch verdünnte und atomwaffenfreie Zonen auf der Erde, z.B. in Europa, neuen Auftrieb gewinnen. Haupthindernis auf diesem Wege ist trotz Kosmos-Vertrag der aggressive USA-Imperialismus und sein schmutziger Krieg in Vietnam sowie das Bonner Streben nach Kernwaffen.

Anmerkungen

1. Nach Current Problems in Space Law, London, 1966, S. 28. — 2. Time vom 30. 9. 1966, S. 19. — 3. Neues Deutschland — A — vom 27. 11. 1966; vgl. ferner: Borissow, Im Kosmos wird es eng, Presse der SU (A), Nr. 111/1966, S. 3. — 4. Neue Zürcher Zeitung vom 11. 10. 1966. — 5. Genfer Abkommen über Funkfrequenzen im Weltraum von 1963; auszugsweiser Text bei Jenks, Space Law, London, 1965, S. 331 ff. Funkfrequenzliste bei Fasan, Weltraumrecht, Mainz, 1965, S. 181 ff. — 6. Kolomijez, Lunograd — Stadt der Zukunft, Presse der SU (A), Nr. 148/1966, S. 6, entwickelte Vorstellungen über den Bau von Mondsiedlungen. — 7. Reintanz, Fragen des Weltraumes vor der XVI. UNO-Vollversammlung, Mitteilungsblatt der DAG, Nr. 1/1962, S. 6 ff.; ders. Zum Stand der Diskussion über Fragen des Weltraumrechts, in: Staat und Recht, Nr. 3/1963, S. 511 ff. — 8. Deutscher Text des sowjetischen Entwurfs in: Presse der SU (A), Nr. 76/1966, S. 3/4, ferner: Neues Deutschland — A — vom 2. 6. 1966. Englischer Text des amerikanischen Entwurfs in: Department of State Bulletin vom 11. 7. 1966, S. 61/62. — 9. UN Press Release OS/20 vom 4. 8. 1966, S. 2. — 10. Neues Deutschland — A — vom 8. 10. 1966. — 11. Süddeutsche Zeitung vom 28. 11. 1966. — 12. Neues Deutschland — A — vom 10. 12. 1966. — 13. Deutscher Text in: Neue Zeit, Nr. 51/1959, S. 33 ff. — 14. Time vom 30. 9. 1966, S. 19.

Strahlungsdruck und Raumflugtechnik

H. D. NAUMANN

Der Strahlungsdruck des Lichtes allgemein, der des Sonnenlichtes im speziellen wird oft als eine vernachlässigbar kleine Größe angesehen. Daß er jedoch beachtliche, für die Praxis sowohl störende als auch nutzbare Werte erreichen kann, wird durch die Satelliten- und Raumflugtechnik recht eindrucksvoll demonstriert, worüber im folgenden Übersichtsbeitrag berichtet werden soll.

1. Der Strahlungsdruck des Lichtes

Ein Lichtquant der Frequenz f hat bekanntlich eine Energie

$$E = h \cdot f \quad (1)$$

und nach dem Energie = Masse Gesetz

$$E = m \cdot c^2 \quad (2)$$

eine Masse

$$m = \frac{h \cdot f}{c^2} \quad (3)$$

h = Plancksches Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit, m = Masse.

In gleicher Weise wie materielle Korpuskeln übertragen deshalb Lichtquanten bei Aufprall auf eine Fläche auf diese einen Impuls. Ist S die gesamte, auf die Flächeneinheit (1 cm^2) senkrecht auffallende Strahlungsenergie, so ist der pro Zeiteinheit auf die Fläche F übertragene Impuls bei vollständiger Strahlenabsorption

$$I = F \cdot \frac{S}{c} \quad (4)$$

Der Impuls verläuft in Richtung des einfallenden Lichtes. Wird die Strahlung völlig reflektiert, dann wird der Impuls doppelt so groß, also

$$I = 2 \cdot F \cdot \frac{S}{c} \quad (5)$$

Bei teilweiser Reflexion und teilweiser Absorption wird der Impuls demnach zwischen beiden Werten liegen:

$$2 \cdot F \cdot \frac{S}{c} > I > F \cdot \frac{S}{c} \quad (6)$$

Bei einer Kugel vom Radius r ist der Gesamtstrahlungsdruck unabhängig, ob Reflexion oder Absorption vorliegt

$$I = \frac{\pi r^2 S}{c} \quad (7)$$

Die Gültigkeit dieser Beziehungen kann experimentell z. B. mit einer Anordnung nach Abb. 1, S. 70, einer sogenannten Torsions-Balance, kontrolliert werden, wie sie von Nicols und Hull benutzt wurde [2]: Dabei befinden sich zwei plane Flächen F_1 und F_2 an den Enden eines Balkens, der an einem Quarzfaden beweglich aufgehängt ist. Die beiden Flächen werden von den Strahlen zweier Lichtquellen Q_1 und Q_2 getroffen. Durch die Strahlung werden die Flächen erhitzt, so daß die auf die eine Seite auftreffenden Gasmoleküle schneller bewegt werden als die auf der anderen Seite. Die Messung erfolgt nach galvanometerähnlichen Prinzipien durch die Drehung des Balkens.

Um einen Eindruck von der Größe des Strahlungsdruckes zu vermitteln, sei folgendes Beispiel betrachtet: Ein Lichtstrahl mit einer Energiedichte von $S = 20 \text{ W/cm}^2$ treffe eine Stunde lang ($= 3600 \text{ sec}$) lang auf eine reflektierende Fläche von 2 cm^2 . Die auftreffende Energie ist dann $E = 2 \cdot 20 \cdot 3600 = 1,44 \cdot 10^5$ Joule. Das nach einstündigem Lichteinfall wirksame Moment ist

$$I = \frac{2E}{c} = \frac{2 \cdot 1,44 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^8} = 9,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mkg}}{\text{sec}}$$

Die durchschnittliche Kraft an der bestrahlten Fläche erhält man daraus zu

$$K = \frac{9,6 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 10^3} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ Newton.}$$

2. Der Strahlungsdruck der Sonne

Mit den vorstehenden Gleichungen ist es möglich, den Strahlungsdruck des Sonnenlichtes zu berechnen, den dieses auf eine senkrecht zu seiner Ausbreitungsrichtung stehende Fläche ausübt. Er ist pro Zeiteinheit

$$P_{\text{St (Sonne)}} = F \frac{S}{c} \quad (8)$$

Für eine sich im Erdbestand befindliche Fläche ist dabei die Solarkonstante

$$S = 2,0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min} = 1,4 \cdot 10^5 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{sec} \quad (9)$$

einzusetzen. Mit ihr wird

$$P_{\text{St (Sonne/Erde)}} = 0,47 \cdot 10^{-4} \cdot F \text{ [dyn]}. \quad (10)$$

Für die Berechnung des Strahlungsdruckes der Sonne in der Entfernung eines anderen Planeten sind die Solarkonstanten dieser Planeten zugrunde zu legen, die nach Tabelle 1, S. 71, ermittelt werden können. [3]

3. Der Einfluß des solaren Strahlungsdruckes auf die Bahnen künstlicher Erdsatelliten

3.1. Ein Vergleich zur Größenordnung

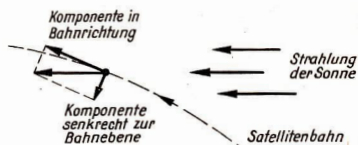
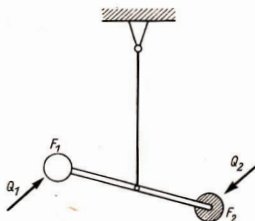
Es wird oft als unwahrscheinlich angesehen, daß der „verschwindend kleine“ Strahlungsdruck der Sonne einen merklichen Einfluß auf die Bahn eines Satelliten auszuüben vermag. Ein Vergleich mit dem Luftwiderstand, der auf einen Satelliten einwirkt und von dem allgemein bekannt ist, daß er Satelliten stark abbremst und schließlich ihren Absturz verursacht, zeigt jedoch, daß der Strahlungsdruck ebenfalls beachtliche Auswirkungen haben muß [1].

Der Luftwiderstand berechnet sich nach der Beziehung

$$R_L = F \cdot \varrho \cdot v^2 \quad (11)$$

ϱ = mittlere Luftdichte, v = Geschwindigkeit des Flugkörpers, F = Querschnittsfläche derselben.

Für eine Flughöhe von 1300 km kann man nach [1] ansetzen: $\varrho = 5 \cdot 10^{-8}$ und $v = 7,3 \text{ km/sec}$. Daraus erhält man $R_L (1300 \text{ km}) = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ dyn}$. Der Strahlungsdruck ist also $0,47 \cdot 10^{-4} / 2,6 \cdot 10^{-6} = 0,18 \cdot 10^2$, also rund 20mal größer als die Luftreibung [1].



▲ Abb. 2: Kräftekomponenten des Strahlungsdruckes.

◄ Abb. 1: Einfache Vorrichtung zum Nachweis und zur Messung des Strahlungsdruckes.



▲ Abb. 7: Regenschirmförmiges Sonnensegel nach einem Vorschlag von Cotter, Archiv Naumann.

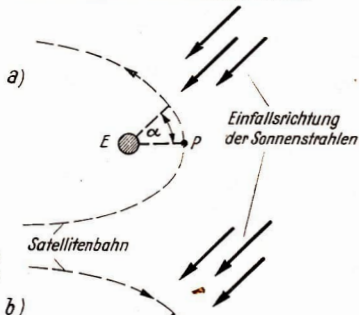


Abb. 3: Der Strahlungsdruck kann einem Satelliten im Perigäum sowohl einen positiven als auch einen negativen Impuls erteilen.

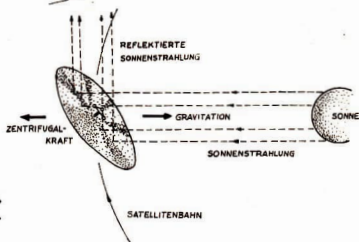
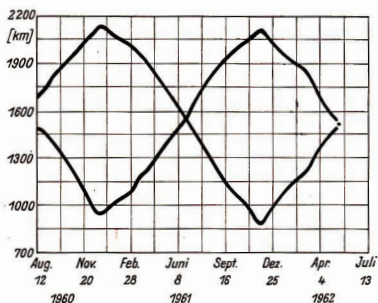


Abb. 6: Schema des Photonen — oder Sonnensegels, Archiv Naumann.

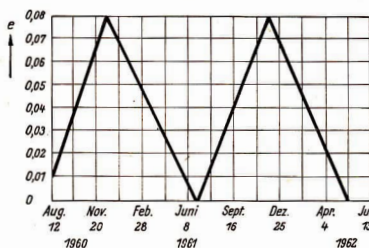


◄ Abb. 4: Schwankungen des Apogäums und Perigäums bei Echo 1 zwischen August 1960 und Juli 1962.

Tabelle 2

Zusammenhang zwischen dem Koeffizienten von Glg. (12) und der reziproken Querschnittsbelastung für einen Satelliten mit $a = 6800 \text{ km}$

$\frac{F}{m} A$	$= \frac{3}{4\pi a} \cdot U^2 \cdot \frac{F}{m} \cdot \frac{S}{c}$
10^0	$4,12 \cdot 10^{-6}$
10^1	$4,12 \cdot 10^{-5}$
10^2	$4,12 \cdot 10^{-4}$
10^3	$4,12 \cdot 10^{-3}$



◄ Abb. 5: Schwankungen der Exzentrizität der Bahn von Echo 1 zwischen August 1960 und Juli 1962.

Tabelle 1

Energieeinstrahlung durch die Sonne je Zeit- und Flächeneinheit für die Planeten unseres Sonnensystems (nach Schukowski [3])

Planet	Energie, die der Planet in der Zeit von der Sonne zugestrahlt bekommt, während der die Erde 1 kcal erhält
Merkur	6,75 kcal
Venus	1,93 kcal
Mars	430 cal
Jupiter	37 cal
Saturn	11 cal
Uranus	2,7 cal
Neptun	1,1 cal
Pluto	0,6 cal

Tabelle 3

Die zur Erzeugung einer Kraft von 1 kp notwendige Fläche eines Sonnensegels in den Entfernungen der Planeten unseres Sonnensystems (bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlen auf die Fläche)

Planet	Fläche (m^2)	Durchmesser eines kreisförmigen Segels (m)
Merkur	$3,1 \cdot 10^2$	20
Venus	$1,1 \cdot 10^3$	58
Erde	$2 \cdot 10^4$	160
Mars	$5 \cdot 10^4$	260
Jupiter	$5,7 \cdot 10^4$	270
Saturn	$2 \cdot 10^5$	510
Uranus	$9 \cdot 10^5$	1070
Neptun	$2 \cdot 10^6$	5100
Pluto	$3,6 \cdot 10^6$	6000

3.2. Die Beeinflussung der Satellitenbahnen

Die quantitative Erfassung des Einflusses des Strahlungsdruckes auf die Bahn eines künstlichen Erdsatelliten ist recht kompliziert und umfangreich. Eine ausführliche Darstellung und Berechnung findet sich bei Prof. Dr. A. Bohrmann [1]. Im Rahmen dieses Übersichtsbeitrages sollen deshalb nur die wichtigsten physikalischen Zusammenhänge dargestellt werden [1].

Die auf den Satelliten auf Grund des Strahlungsdruckes einwirkende Störgröße wirkt immer in Richtung der Strahlungsrichtung der Sonne. Da im allgemeinsten Falle diese Richtung nicht in der Bahnebene des Satelliten liegt, tritt eine Komponente senkrecht zur Bahnebene auf (Abb. 2, S. 70), die eine Änderung derselben verursacht. Die raschen zeitlichen Veränderungen der relativen Lage von Strahlungseinrichtung und Bahnebene haben jedoch zur Folge, daß diese Änderungen nur geringfügig sind.

Nicht vernachlässigbar sind die Folgen auf die Bahnparameter in der Bahnebene selbst, speziell die große Halbachse a und die Exzentrizität e . Scheint die Sonne im Perigäum von hinten auf den Satelliten (Abb. 3, S. 70), so erfolgt es im Apogäum von vorn. Der dem Satelliten erteilte Impuls ist dann im Perigäum im Sinne der Bewegungsrichtung positiv, im Apogäum negativ. Unter der Annahme, daß der Satellit nicht in den Erdschatten eintritt, ist die Änderung der großen Halbachse $\Delta a / \text{Umlauf} = 0$, da sich die im Apogäum und Perigäum erteilten Impulse etwa gleich, aber entgegengesetzt gerichtet sind. Tritt der Satellit zeitweise in den Erdschatten ein, ist Δa eine Funktion von α und kann ebenso wie die Umlaufzeit größer oder kleiner werden.

Das gleiche gilt, wenn, wie in Abb. 3 a, S. 70, dargestellt, die Sonne dem Satelliten im Apogäum einen positiven, im Perigäum einen negativen Impuls gibt.

Während jedoch a konstant bleibt, ändert sich e in beiden Fällen. Im ersten Fall wird e größer, im zweiten kleiner. Die Änderung Δe ist immer proportional $\sin \alpha$ und folgt in erster Näherung der Beziehung [1].

$$\frac{\Delta e}{\text{Umlauf}} = \frac{3}{4\pi a} U^2 \cdot \frac{F}{m} \cdot \frac{S}{c} \cos \alpha \sin \alpha. \quad (12)$$

Darin bedeuten: U = Umlaufzeit, F = Querschnittsfläche des Satelliten, S = Solar-konstante, c = Lichtgeschwindigkeit, m = Masse des Satelliten, α = Winkel, der die Stellung der Sonne zur Bahnebene beschreibt. Die Abhängigkeit $\Delta e / \text{Umlauf} = f(\sin \alpha)$ gilt immer, unabhängig davon, ob der Satellit zeitweise im Erdschatten ist oder nicht.

Für einen Satelliten mit $a = 6800$ km ($\cong U = 93$ Min.) wird beispielsweise mit (12)

$$\frac{\Delta e}{\text{Umlauf}} = 0,412 \cdot 10^{-6} \frac{F}{m} \cos \alpha \sin \alpha. \quad (13)$$

Die funktionelle Abhängigkeit $A = f(F/m)$ mit $A = \frac{3}{4\pi a} \cdot U^2 \cdot \frac{F}{m} \cdot \frac{S}{c}$ ist für diesen Fall wertmäßig in Tabelle 2, S. 71, angegeben.

Besonders deutlich wird der Einfluß des Strahlungsdruckes bei Satelliten mit geringer Querschnittsbelastung m/F , wie es bei Ballonsatelliten der Fall ist. ECHO I z. B. hatte bei 30 m Durchmesser etwa 70 kg Masse, was ein $m/F = 10^{-2}$ ergibt.

Abb. 4, S. 71, zeigt die Schwankungen der Apogäums- und Perigäumshöhen dieses Satelliten von 1960, August bis 1962, Mai [4], Abb. 5, S. 71, die daraus errechneten Schwankungen der Bahnexzentrizität für den gleichen Zeitraum. Man erkennt, daß

zunächst eine Steigerung der Bahnellipse und damit ein Absinken des Perigäums eintrat. Diese Tendenz hielt an, bis folgende Werte erreicht waren: $h_a = 2150$ km, $h_p = 950$ km und $e = 0,08$. Danach setzte eine „rückläufige“ Tendenz ein und im Juni 1961 wurde schließlich eine Kreisbahn mit $e = 0$ bei $h \approx 1500$ km erreicht. Diese Verhaltensweise brachte gleichzeitig einen interessanten wissenschaftlichen Vorteil mit sich. Da sich auf ECHO I auf Grund seiner geringen Querschnittsbelastung auch die Reibungskräfte der dünnen Gase der höheren Atmosphäre merklich auswirkten, er andererseits stark unterschiedliche Höhenbereiche durchlief, erlaubte er Dichtebestimmungen in verschiedenen Höhen. Durch den Strahlungsdruck der Sonne wurde dieser Flugkörper damit unbeabsichtigt zu einem „manövrierenden“ Meßsatelliten.

4. Der solare Strahlungsdruck als Antriebsmittel für Satelliten und Raumsonden

Es ist nach diesen Darstellungen kaum noch verwunderlich, wenn heute Projekte ernstlich erwogen werden, den Strahlungsdruck der Sonne als Antriebsmittel für Raumflugkörper auszunutzen (Abb. 6, S. 70). Zu diesem Zweck wird der Satellit mit einem sogenannten Photonen- oder Sonnensegel ausgerüstet, das durch die Sonnenstrahlung genauso durch den Raum getrieben wird, wie ein Segelboot vom Wind über einen See [5]. Das Segel besteht aus einer Kunststoffolie von mehreren hundert Metern Durchmesser, die mit einer gut lichtreflektierenden Oberflächenschicht, z. B. aus Aluminium überzogen wird. Beim Start wird es zusammengefaltet und in einem Behälter zusammen mit dem Satelliten in eine Umlaufbahn gebracht, wo es sich entfaltet und unter Wirkung des Lichtdruckes auf eine spiralförmige, sich in immer größere Höhen emporschraubende Bahn geleitet wird. Selbstverständlich ist eine entsprechende Ausrichtung und Steuerung des Segels erforderlich. Ein Vorschlag von Cotter sieht vor (Abb. 7, S. 70), das Segel regenschirmartig zusammenzufalten und in dieser Form mit der Rakete in die Bahn zu bringen. Kleine Steuerraketen versetzen den Schirm nach Trennung von der Rakete in eine Rotation, so daß er sich unter Einwirkung der Fliehkraft voll entfaltet. Die Ausrichtung des Schirmes rechtwinklig zur Strahlungsrichtung kann ebenfalls durch kleine Steuerraketen erfolgen.

Selbstverständlich eignet sich eine solche Vorrichtung nicht für den Start des Satelliten, wohl aber für die Schaffung steuerbarer Trabanten, die kontinuierlich Messungen in periodisch wechselnden Höhen ausführen. Ein solcher Satellit könnte durch eine entsprechende Steuerung der Stellung des Sonnensegels durch den Strahlungsdruck sowohl von niederen Bahnen auf höhere als auch von höheren auf niedrigere gebracht werden. Von Vorteil ist, daß diese Antriebskraft zeitlich unbegrenzt zur Verfügung steht. Auch Anwendungen zum Antrieb von Raumsonden haben reelle Chancen, wobei allerdings infolge der Schwächung der Sonnenstrahlen mit wachsender Entfernung von der Sonne eine Beschränkung des Einsatzes auf sonnennahe Regionen erfolgt. Von Nachteil sind die großen Flächen, die zur Erzielung praktisch nutzbarer Kräfte notwendig sind. Ein Projekt von Schneider [5] sieht für 230 kg Nutzmasse ein Segel von 460 m Durchmesser vor. Cotters Schirm soll 50 m Durchmesser für einen Satelliten von 15 kg haben.

Tabelle 3, S. 71, gibt die nach den eingangs angegebenen Beziehungen und den Zahlenwerten nach Tabelle 1 errechneten Größen an, die ein Sonnensegel in der Entfernung der einzelnen Planeten haben müßte, wenn ein Schub von 1 kp erzeugt werden soll. Man erkennt, daß man an der Grenze des Planetensystems zu heute kaum diskutablen Dimensionen kommt.

Literatur

- [1] Bohrmann, A.: Bahnen künstlicher Erdsatelliten, Bibl. Institut Mannheim 1963, Hochschultaschenbuch, Bd. 40.
- [2] Lawrence, L. G.: Grundlagen der Lasertechnik, C. F. Wintersche Verlagshandlung, Prien 1964.
- [3] Schukowski, M.: Kartellbeilage zur Zeitschrift „Astronomie in der Schule“, 3 (1966), H. 5.
- [4] Büdeler, W.: Monde von Menschenhand, Union-Verlag Stuttgart, 1962.
- [5] A. D.: Sonne als Energiequelle für den Raumflug, Weltraumfahrt, 11 (1960), H. 1, S. 18.

Zur Ernährung und Wasserversorgung von Kosmonauten

HANS SWART

Obwohl Juri Gagarin während seiner 108minütigen, historischen Erdumkreisung weder Hunger noch Durst spürte, verzehrte er den Inhalt einiger Tuben mit püreeartigen Speisen und trank etwas Wasser. Diese im Flugprogramm vorgesehenen Maßnahmen dienten in diesem Falle wohl weniger der Erhaltung seiner Kondition als der Erprobung der Nahrungsaufnahme unter echten Raumflugbedingungen. Daß dabei besonders die Schwerelosigkeit einige Probleme aufwirft, konnte z. B. der amerikanische Astronaut Carpenter feststellen: „Man hatte mich mit besonderen Happen versehen – Kekse, Schokolade, Pudding und Datteln – alle bedeckt mit einer wachsartigen weißen Schicht, damit sie nicht krümeln. Aber sie krümelten durch den ganzen Raum. Jedesmal, wenn ich den Beutel öffnete, kamen die Krümel heraus und überfluteten die Kabine wie ein Bienenschwarm. Ich versuchte, sie aus der Luft zu fischen und zu essen, um sie aus der Kabine zu entfernen.“

Solche anfänglichen Schwierigkeiten sind heute überwunden. Die Speisekarte der Astronauten übertrifft in ihrer Reichhaltigkeit bei weitem die Prognose Glenns aus dem Jahre 1962. Er war nach seinem Flug der Meinung, „daß ein Astronaut leicht ein einfaches Schinkenbrot mit hinaufnehmen kann, mit Senf und allem, und sich nicht auf die Tuben mit Gemüseextrakt und Apfelmus beschränken muß, obwohl das meiste davon auch ganz gut schmeckt.“

Die Ernährung

Lebensmittelrationen für Kosmonauten müssen einigen grundsätzlichen Anforderungen entsprechen (1): Sie sollen qualitativ und quantitativ dem Umfang und den Besonderheiten der Tätigkeit der Kosmonauten angepaßt sein und den normalen Stoffwechsel fördern – auch unter den spezifischen Raumflugbedingungen wie hohen psychischen und physischen Belastungen, Schwerelosigkeit usw. Die Nahrungsmittel dürfen während des Fluges nicht verderben. Ein möglichst geringes Gewicht und Volumen der Rationen ist erwünscht. Aus diesem Grunde und zur Erleichterung der Assanierung wird ein minimaler Gehalt an schwer- oder unverdaulichen Bestandteilen angestrebt. Außerdem müssen solche Stoffe ausgeschlossen werden, die die Darmgasbildung begünstigen oder starken Durst auslösen. Die Speisen sollen schließlich auch im ungewärmten Zustand schmackhaft und appetitlich aussehen.

Konservierungsart und Verpackung sind für die Haltbarkeit der Rationen und die Bequemlichkeit bei Zubereitung und Verzehr der Nahrung entscheidend. Während sich Gagarin und Titow nur mit Säften und Pürees aus Tuben beköstigten, wurden in die Bordrationen der nachfolgenden sowjetischen Kosmonauten auch feste Produkte aufgenommen. Um eine bequeme Nahrungsaufnahme unter Schwerelosigkeit zu erreichen, waren die festen Speisen als kleine Happen vorbereitet, die man ohne abzubeißen oder zu zerschneiden ganz in den Mund stecken konnte. Jedes Fertiggericht war in einem durchsichtigen Foliebeutel verpackt — leicht verderbliche Produkte wie Fleisch und Käse unter Vakuum. Die Gerichte für eine Mahlzeit befanden sich jeweils zusammen in einem größeren Beutel. Die Aluminiumtuben mit Schraubverschluß faßten etwa 160 g Püree oder Saft. Nach dem Einfüllen wurde der Inhalt hitzesterilisiert.

Bei der Festlegung der Speisekarte findet auch der individuelle Geschmack der Kosmonauten Berücksichtigung. Als Beispiel für die Reichhaltigkeit eines kosmischen Menüs sei das Mittagmahl der Besatzung von Woschod 1 angeführt. Außer gebratenem Hühnerfilet verzehrten die drei Kosmonauten mit Früchten gefüllte Piroggen, Käse, gebratenes Kalbfleisch, Sandwiches mit rotem Kaviar sowie Bonbons, Milchkaffee und Fruchtsäfte wurden dazu aus Tuben getrunken.

Bereits einen Tag vor dem Start beginnt die Ernährung mit den Bordrationen. Während des Fluges gibt es täglich vier Mahlzeiten: erstes und zweites Frühstück, Mittagessen und Abendbrot. Die durchschnittlichen Tagesrationen an Grundnahrungsmitteln und der Kaloriengehalt bewegten sich bei den Wostok-Flügen in den folgenden Grenzen:

Eiweiß	99,6 — 120,0 g
Fett	78,5 — 118,2 g
Kohlenhydrate	305,0 — 332,4 g
Kalorien	2526 — 2772 kcal

Die tägliche Vitamindosis in Form von Dragees bestand aus 200 mg Ascorbinsäure, je 100 mg α -Tokopherol und Vitamin P, 30 mg Nikotinsäureamid, 20 mg Pantothersäure und je 4 mg Vitamin B₁, B₂ und B₆.

Die Bordrationen der amerikanischen Mercury-Astronauten wurden nach ähnlichen Prinzipien zusammengestellt (2). Zum Beispiel bestand die Verpflegung für den 33stündigen Flug Coopers aus Getreideflockenwürfel, Speckscheiben, Sandwiches mit Rindfleisch, Huhn, Erdnußbutter und Käse, Hühnchen mit Soße, Fruchtkuchen, Packungen mit je neun verschiedenen Dessertwürfeln, Orangen- und Grapefruitsaft. Gleichzeitig wurden auf diesem Flug erste Erfahrungen mit rehydrierbaren Speisen und Getränken gesammelt. Bei den Gemini-Missionen benutzte man fast ausschließlich durch Gefrier Trocknung dehydrierte Nahrungsmittel, die sich durch längere Haltbarkeit und geringe Masse auszeichnen. Ein Teil dieser Speisen wird vor dem Verzehr in Plastbeuteln durch Einkneten von Wasser zubereitet. Den Gemini-Piloten standen somit vorgekochte Fertiggerichte zur Verfügung wie geschmortes Rindfleisch bzw. Hühnchen, Rindfleisch oder Huhn mit Soße, Lachs-, Thunfisch-, Geflügel- und Kartoffelsalat, Krabbencocktail, Kartoffelsuppe und Pudding. Auch die Fruchtsäfte wurden erst bei Bedarf rehydriert. Bei der angewandten Konservierungsmethode tritt jedoch ein gewisser Verlust an Aroma- und Geschmacksstoffen auf. Dies mag vielleicht auch Astronaut Young, voller Mißtrauen gegen die neuen Mahlzeiten, bewogen haben, heimlich eine Jagdwurststulle an Bord von GT-3 zu schmuggeln, die er dann in der Umlaufbahn mit Chefpilot Grissom teilte. McDivitt und White, die Besatzung von GT-4, bereiteten dagegen mit sichtlichem Vergnügen die neuen Speisen zu und aßen alles auf, was an Bord vorhanden war. In vier Mahlzeiten nahmen sie täglich etwa 2500 kcal auf. Bei den

Langzeitflügen von GT-5 und GT-7 waren nur noch drei Mahlzeiten täglich vorgesehen. Die Besatzung von GT-5 zeigte nur geringen Appetit, sie verspeiste in den acht Tagen vorwiegend die rehydrierbaren Nahrungsmittel und weniger die festen Happen. Nach der Landung stellte sich heraus, daß jeder Astronaut im Durchschnitt nur 1000 kcal/Tag zu sich genommen hatte. Borman und Lovell konsumierten dagegen während der 14 Flugtage täglich 2200 kcal.

Die Wasserversorgung

Der Organismus eines Kosmonauten scheidet täglich etwa 2,5 Liter Wasser aus und zwar 1 l beim Ausatmen und durch Transpiration sowie 1,5 l in den Fäzes als Urin. Diesen Wasserverlust gilt es zu ersetzen. Das durch Oxydation der Nahrung entstehende Wasser deckt den Bedarf nur zu einem kleinen Teil, der Rest muß in den Speisen und als Trinkwasser zugeführt werden.

Die sowjetischen Kosmonauten erhalten täglich etwa 0,8 l Wasser in der Nahrung und müssen mindestens 1 l zusätzlich trinken. Das Wasserversorgungssystem besteht aus Vorratsbehälter, Zuführungsschlauch, Trinkvorrichtung mit Mundstück, Verschuß und einer Patrone zur Desodorierung und Reinigung des Wassers. Alle Teile sind aus physiologisch einwandfreien Materialien hergestellt, die weder toxische noch den Geschmack beeinträchtigende Stoffe an das Wasser abgeben. Der Vorratsbehälter wird mit abgekochtem Wasser gefüllt, dem zur Verhinderung von Fäulnisprozessen ein Konservierungsmittel beigelegt ist. Das Wasserversorgungssystem funktioniert auch unter Schwerelosigkeit. Wollen die Kosmonauten trinken, so drücken sie den Knopf am Verschuß und saugen das Wasser aus dem Mundstück. Nach Nikolajews Worten schmeckte ihm das frische, kühle Moskauer Wasser besser als die schönsten Säfte.

Die Wasseraufnahme der amerikanischen Gemini-Astronauten unterlag erheblichen Schwankungen, und die Piloten mußten oftmals von den Bodenstationen zum Trinken angehalten werden. Der tägliche Wasserkonsum der Besatzungsglieder von GT-4 lag zwischen 1,1 und 2,3 Liter. Nach dem Flug zeigte sich, daß ihre Körper einen zu niedrigen Wassergehalt aufwiesen. Die Piloten von GT-5 konsumierten daraufhin täglich 2,5 und die von GT-7 2,3 Liter Wasser. Mit diesen Mengen konnten die Dehydrierungserscheinungen bei den Astronauten vermieden werden.

In allen Raumschiffen steht den Kosmonauten bei einer Havarie ein Notvorrat an Lebensmitteln und Trinkwasser in der Überlebensausrüstung zur Verfügung.

Zukünftige Versorgungsprobleme

Für die Erfüllung der gegenwärtigen Raumflugaufgaben ist die Versorgung der Kosmonauten mit Nahrung und Trinkwasser zufriedenstellend gelöst. In der Zukunft werden aber die Aufenthalt- und Reisezeiten im Weltraum immer länger und damit die Versorgungsschwierigkeiten immer größer. Lebensmittel können dann nur noch im getrockneten oder tiefgefrorenen Zustand mitgeführt werden, wobei deren Masse und Volumen proportional zur Flugdauer und Zahl der Astronauten ansteigen. Außer Nahrung und Wasser benötigen die Kosmonauten aber auch Sauerstoff zum Atmen. Man rechnet insgesamt als minimalen Massebedarf für Lebensmittel, Trinkwasser und Sauerstoff etwa 250 kg pro Kosmonaut und Monat. Die Durchführung langdauernder Raumflüge hängt deshalb höchstwahrscheinlich von der Entwicklung eines Regenerationssystems ab, mit dem zumindest Sauerstoff und Wasser wieder zurückgewonnen werden können.

Die ideale Lösung für die Raumfahrzeuge der Zukunft wäre die Aufrechterhaltung eines geschlossenen ökologischen Kreislaufs an Bord. Dazu würde die ständige

Kosmische Speisekarten

Bykowski

1. Flugtag (Wostok 5)

1. Frühstück

Sandwiches mit rotem Kaviar
Milchkaffee (Tube)
frische Zitronen (Scheiben)
Vitaminndragees

2. Frühstück:

Roastbeefstückchen
Weißbrot
frischer Apfel
Karamel- und Pfefferminzbonbons

Mittagessen:

gebratene Zunge
Weißbrot
frische Apfelsine (geschält)
Vitaminndragees

Abendessen:

Hühnerfilet
Weißbrot
Pastete mit Fruchtfüllung
Pflaumenmus (Tube)

Tereschkowa

1. Flugtag (Wostok 6)

Kotelett
Sandwiches mit Preßkaviar
Weißbrot
frische Zitronen (Scheiben)
Milchkaffee (Tube)
Vitaminndragees

Pastete mit Strömlingen und Ei
Karbonade
Weißbrot
schwarzer Johannisbeersaft
frischer Apfel

Quark (Tube)
gebratene Zunge
Weißbrot
Kirschsaff (Tube)
frische Apfelsine (geschält)
Vitaminndragees

Karbonade
Weißbrot
Pastete mit Reis und Ei
Pastete mit Fruchtfüllung
Pflaumenmus (Tube)

Borman und Lovell

2., 6., 10. und 14. Flugtag (GT-7)

Grapefruitgetränk
Hühnchen und Soße
Sandwiches mit Rindfleisch
Apfelmus
Erdnußwürfel

Orange-Grapefruit-Getränk
geschmortes Rindfleisch
Happen von Schinken mit Ei
Schokoladenpudding
Würfel von Erdbeeren mit
Getreideflocken

Kartoffelsuppe
Krabbcocktail
Dattelfruchtkuchen
Orangegetränk

Erneuerung einer atembaren Atmosphäre durch Sauerstoffregenerierung aus Kohlendioxyd, ein geschlossener Wasserkreislauf und die Gewinnung von Nahrung durch biologische Verwertung der menschlichen Ausscheidungen gehören. Zwar bestehen schon heute einige detaillierte Vorstellungen über die Beschaffenheit eines solchen Systems; von einer praktischen Lösung ist man jedoch noch weit entfernt. Einzig die Regenerierung des Wassers durch Destillation oder Gefriertrocknung des Abwassers (Kondens-, Waschwasser und Urin) befindet sich im fortgeschrittenen technischen Stadium. In Raumschiffen, die mit H_2/O_2 -Brennstoffzellen zur Energieerzeugung ausgerüstet sind (z.B. Gemini und Apollo), wird soviel Frischwasser produziert, daß das gesamte Abwasser in den Weltraum abgelassen werden kann.

Zur Nahrungsregenerierung bieten sich in erster Linie die bekannten Algenkulturen an. Gegenwärtig arbeiten zahlreiche Wissenschaftler auf diesem Gebiet, da die Verwertung der rasch wachsenden Algen infolge ihres hohen Fett- und Eiweißgehaltes auch für die Ernährung der Weltbevölkerung eine zunehmende Bedeutung gewinnt. Bisherige Versuche ergaben, daß Algen für einige Wochen ohne nachteilige Folgen als Hauptweißquelle für den Menschen dienen können. Gleichzeitig würden die Algenkulturen die Regeneration des Sauerstoffs in den Raumfahrzeugen übernehmen.

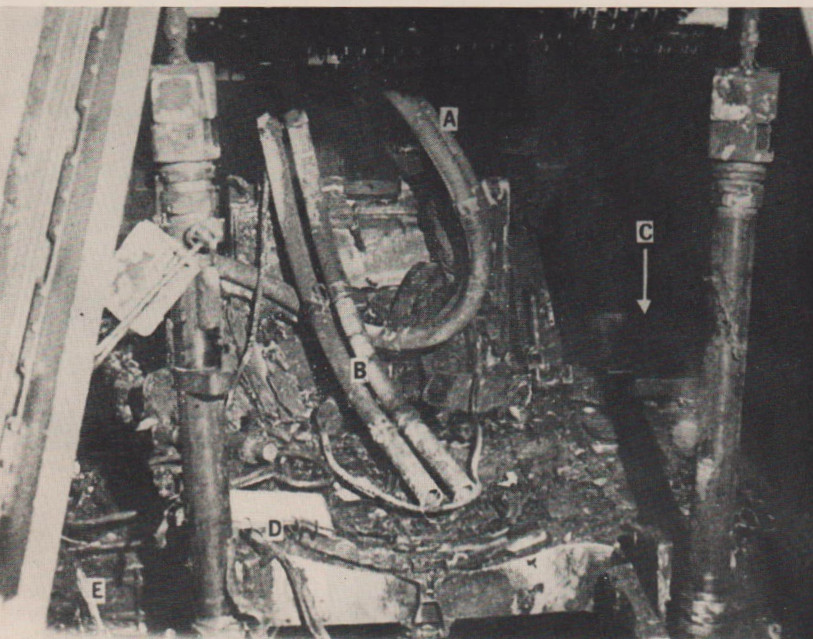
Zum Schluß sei noch auf eine andere Ernährungsmöglichkeit hingewiesen. Amerikanische Wissenschaftler (4) verabreichten an 24 Versuchspersonen 19 Wochen lang eine reine chemische, flüssige Diät. Diese bestand aus 18 Aminosäuren, 12 wasserlöslichen Vitaminen, 13 Salzen, 2 Kohlehydraten sowie Fetten und fettlöslichen Aminen und wurde ohne gesundheitliche Störungen getragen. Eine derartige Nahrung zeichnet sich durch sehr gute Speichereigenschaften aus; die Tagesration für eine Person beansprucht z.B. nur ein Volumen von 1 dm^3 . Ob sich jedoch diese, jeder gastronomischen Genüsse bare Ernährungsweise durchzusetzen vermag, müssen wir der Zukunft überlassen.

Literatur

1. A. D. Voskresenskij, O. G. Gazenko und D. G. Maksimov, „Vtoroj gruppovoj komičeskij polët“, Moskau 1965.
2. M. V. Klicka, J. Amer. Diet. Assoc. 44 (1964), S. 358–361.
3. C. A. Berry, Umschau (1966), Nr. 17, S. 565–569.
4. M. Winitz, J. Graff und N. Gallagher, Nature (London) 205 (1965), S. 741–743.

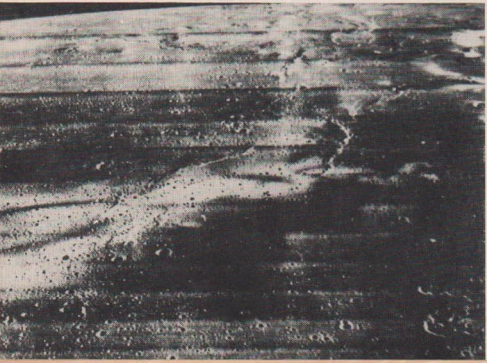
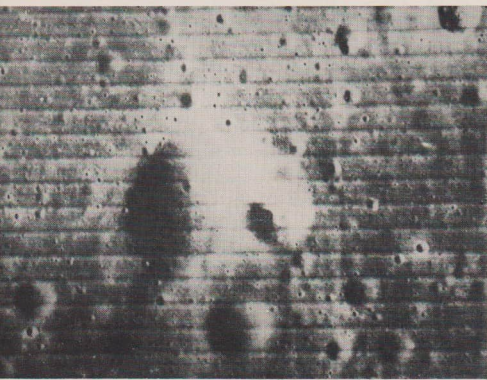
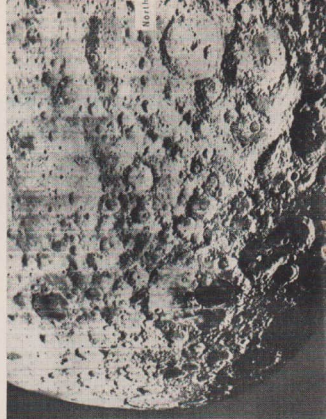
Zum 50. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution

erscheint „Astronomie und Raumfahrt“ als Doppelheft (Heft 4 und 5) mit Beiträgen über die astronomische und astronautische Forschung in der Sowjetunion.



Das Innere der Apollokapsel nach dem Brand am 27. Januar 1967

Diesem Brand, der bei einem simulierten Start in der Kapsel ausbrach, fielen die drei Astronauten Grissom, White und Chaffee zum Opfer. Die Mannschaft sollte am 21. Februar 1967 in dieser Kapsel den ersten bemannten Satellitenflug ausführen. In der Mitte erkennt man die Rückenlehne des Sitzes von Grissom und seinen Versorgungsschlauch (B). (C) ist der Sitz von Chaffee. Nach dem Öffnen der Kapsel zeigte sich, daß Grissom und White noch auf ihren Sitzen angeschnallt waren; Chaffee hatte sich zur Luke begeben und sie zu öffnen versucht. Sein Versorgungsschlauch (A) ist deshalb weiter herausgezogen. Bei (D) erkennt man noch eine unbeschädigte Stelle des Sitzes. (E) zeigt Leitungen, bei denen die Isolierung vollständig abgebrannt ist. Man nimmt an, daß sich hier der Ausbruchsherd des Feuers befand. Beim Umschalten der Außenstromversorgung auf die Innenstromversorgung (beides chemische Batterien) soll erstere nicht ausgeschaltet worden sein, was zu einer Erhitzung von Stromleitungen geführt habe. Der Sauerstoffdruck im Innern der Kabine soll bei Ausbruch des Feuers (30 Sekunden nach dem genannten Schaltvorgang, den Grissom ausführte) bei etwas über einer Atmosphäre gelegen haben. Er ist innerhalb von 20 Sekunden auf 1,97 Atmosphären angewachsen, was zum Bersten der inneren Hülle der Kapsel führte. 16 bis 20 Sekunden nach Ausbruch des Feuers habe man noch Puls- und Atemfrequenz der Astronauten aufzeichnen können und – nach der Meldung über den Ausbruch des Feuers durch Chaffee – noch weitere unartikulierte Laute gehört.



Mondaufnahmen von „Lunar Orbiter 2“

Oben: Aufnahme der Südpolgegend, als sich „Lunar Orbiter 2“ in der Nähe des Aposelenums über der Mondrückseite befand. Der Kraterreichtum ist hier ähnlich groß wie auf der Südhalbkugel des der Erde zugewandten Teils.

Links oben: Im oberen Teil ist der Krater Marius zu erkennen. Ferner sieht man einige der „Moondome“, Aufwölbungen als flache Kuppeln. Diese Aufwölbungen sind eine häufigere Oberflächenerscheinung auf dem Monde. Ihr größter Durchmesser beträgt bis zu 15 km, ihre größte Höhe bis zu 450 m.

Links Mitte: Einer der Landeplätze für das Apollo-Programm. Es handelt sich um ein Gebiet im Sinus Medii; der Landeplatz hat die Bezeichnung 8 C. Oben ist Süden, in Richtung auf den Krater Herschel. Das Zentrum des vollständigen Bildes hat die Mondkoordinaten 1,2 Grad westlicher Länge und 0,1 Grad südlicher Breite

Links unten: Eine Schrägaufnahme über dem Landeplatz 8 C in südlicher Richtung. Am Horizont ist der Krater Herschel zu erkennen. Lunar Orbiter 2 befand sich hier in 44,7 km Höhe über der Mondoberfläche.



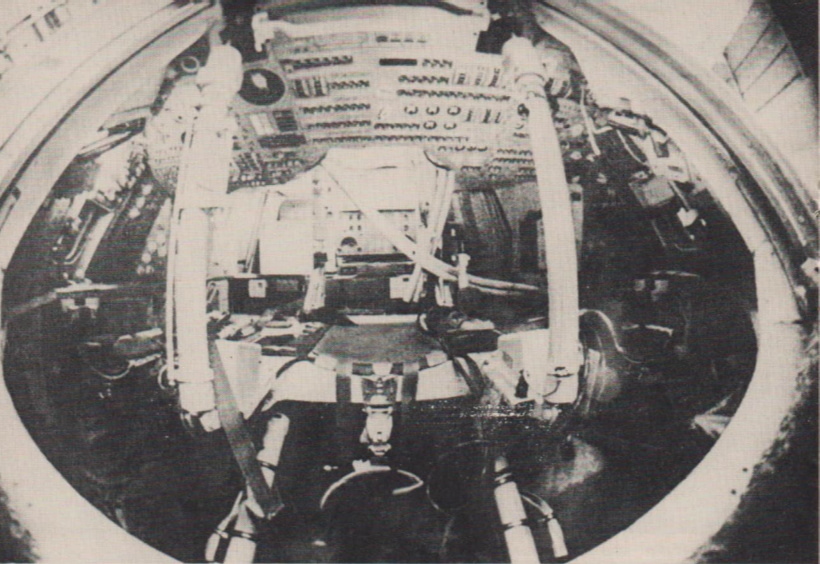
Oben links: Eine Weitwinkel-Schrägaufnahme des Landeplatzes Nr. 17, ein Gebiet in der Gegend der Marius-Berge, westlich des Kraters Marius, der nicht mehr im Bilde ist. Lunar Orbiter 2 befand sich in 52,3 km Höhe.

Oben rechts: Dieses Bild zeigt den Landeplatz Nr. 15. Die Aufnahme erfolgte aus einer Höhe von 50,4 km. Deutlich ist auch auf diesem Bild die Zunahme der Kraterzahl mit kleiner werdendem Durchmesser zu erkennen. Auffällig ist ferner hier im linken Teil der Bildmitte ein grabenförmiger langgestreckter Krater.

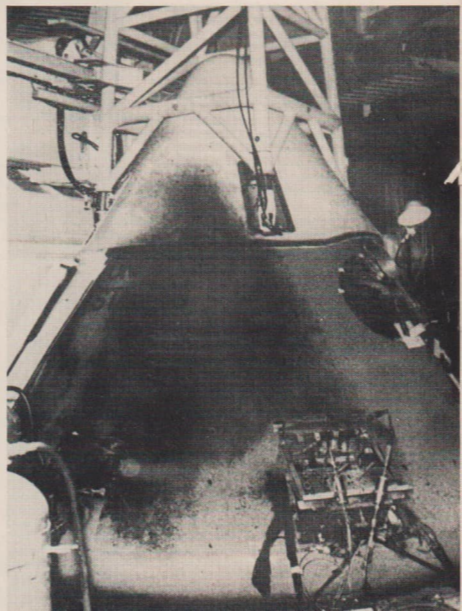
Mitte rechts: Mit Lunar-Orbiter 2 wurde auch das Aufschlagsgebiet von Ranger 8 fotografiert. Der zweite Pfeil in diesem Bild zeigt die Flugrichtung von Ranger 8, der unter einem Winkel von etwa 47 Grad zur Mondoberfläche sich dieser genähert hatte.

Unten rechts: Vergrößerter Teilausschnitt des weiß eingerahmten Teils im Bild darüber, das den Aufschlagskrater von Ranger 8 (Bezeichnung C 1) wiedergibt.





Oben: Blick in das Innere der Apollokapsel vor dem Experiment.



Rechts: Das Äußere der Apollokapsel nach dem Brand. Durch das Platzen der inneren Hülle war die Außenhaut an dieser Stelle so stark erhitzt worden, daß der äußere Farbanstrich abbrannte.

Die Katastrophe von Cape Kennedy

HORST HOFFMANN

Drei Kosmonauten aus drei Generationen

Der tragische Tod der drei Kosmonauten, Virgil Grissom, Edward White und Roger Chaffee, hat in der amerikanischen Weltraummannschaft eine empfindliche Lücke gerissen. Die Opfer der Apollo-Katastrophe entstammen den drei Generationen amerikanischer Weltraumfahrer, die seit 1959 von der NASA ausgebildet wurden.

Der 40jährige Oberstleutnant Virgil Grissom gehört zu den „ersten Sieben“, die 1959 der Presse vorgestellt wurden. Er hatte bereits 1961 einen ballistischen Flug mit einer Mercury-Kapsel unternommen und 1965 das erste bemannte Gemini-Raumschiff kommandiert, bevor er mit der Leitung des ersten Apollo-Fluges betraut wurde. Man kann mit Fug und Recht sagen, daß Grissom der erfahrenste Astronaut im amerikanischen Raumfahrt-Team war.

Schon einmal hatte der Tod an die Wände seiner Raumkapsel geklopft. Am 21. Juli 1961 flog der damalige Fliegerhauptmann Grissom mit der von einer Redstone-Rakete gestarteten Mercury-Kapsel „Liberty Bell 7“ 15 Minuten und 22 Sekunden auf einer ballistischen Bahn. Er erreichte dabei eine Flughöhe von 189,9 km und eine Flugweite von 490,8 km. Während der Landung der Kapsel, die mit 10 m in der Sekunde niederging, entzündete sich ein am Kabinenfenster angebrachter Sprengsatz von selbst, und die Kapsel begann zu sinken. Grissom rettete sich mit Hilfe einer Katapult-Vorrichtung und mußte sich bis zum Eintreffen der Froschmänner schwimmend über Wasser halten.

Fünf Jahre später flog Grissom, am 23. März 1965, gemeinsam mit John Young in der GT 3 „Molly Brown“ in 4 Stunden und 53 Minuten dreimal um die Erde.

Vier Wochen vor dem schwarzen Freitag von Cape Kennedy erklärte Grissom noch vor Reportern: „Man muß die Möglichkeit einer Katastrophe einfach verdrängen. Sicher besteht eine solche Möglichkeit, aber wir beobachten das Raumschiff sehr genau, um im Augenblick der Gefahr einzugreifen. Wir haben eben einen risikoreichen Beruf.“

Der 36jährige Oberstleutnant Edward H. White gehörte zur neunköpfigen Gruppe der zweiten amerikanischen Astronauten-Generation. Er war der erste Amerikaner, der sich am 3. Juni 1965 20 Minuten lang frei im Raum bewegte. Als Co-Pilot der Gemini 4 flog der damalige Luftwaffenmajor White, gemeinsam mit James McDivitt, in 4 Tagen 62mal um die Erde. White und McDivitt gerieten in Lebensgefahr, als es Schwierigkeiten beim Druckausgleich und beim Schließen der Luke gab.

Aus der 14 Mann starken jüngsten Astronautengruppe stammte der 31jährige Korvettenkapitän Roger Chaffee, der am 21. Februar mit der Apollo 1 seine Jungfernfahrt in den Weltraum antreten sollte. Er, wie auch seine beiden Kameraden, hinterlassen eine Frau und zwei Kinder.

Schon einmal verloren die USA eine komplette Apollo-Mannschaft; denn 1964 kam der Astronaut Theodore Freeman bei einem Flugzeugabsturz in Texas ums Leben, und 1966 ließen die Kosmos-Kandidaten Charles Beset und Elliot See beim Absturz ihres Düsenjägers in St. Louis ihr Leben.

Der NASA-Bericht:

Laut offiziellem Bericht der NASA, der eine Woche nach dem Apollo-Unglück veröffentlicht wurde, sind die drei Astronauten erstickt, bevor die unheimliche Hitze im Raumschiff einsetzte. Der stellvertretende Direktor der NASA, Dr. Robert C. Seaman, erklärte vor dem amerikanischen Kongress: „Am 27. Januar, um 18h31m03s wurde das Feuer zuerst entdeckt... Bis dahin entsprachen auch Kabinendruck, Temperatur und Sauerstoffversorgung der Raumanzüge den nominellen Werten. Vier Sekunden vorher hatte sich der Sauerstoff-Fluß verstärkt, aber wir waren nicht in der Lage, dafür eine Relation zum Unglück zu finden. Oberstleutnant White war der einzige, dessen Herz und Atmung abgehört wurden. 40 Sekunden vorher hatte seine Herzrhythmus zugenommen, aber um 18h31m03s war seine Herzrhythmus wieder normal...“

Aus den folgenden Daten ersehen Sie, daß die Mannschaft anscheinend die Vorschriften korrekt befolgt hat. Die Phasen des Unglücks: Um 18h31m03s meldete Pilot Chaffee, daß ein Feuer im Raumschiff existiert. Zu dieser Zeit etwa begann Whites Herzrhythmus zuzunehmen. Um 18h31m04s zeigte die Trägheitsplattform in der Kabine Anzeichen geringer Bewegungen,

die durch Bewegung der Mannschaft verursacht sein konnten. Um 18h31m05s begann die Kabinentemperatur zu steigen. Um 18h31m09s wiederholte White die vorhergegangene Meldung und sagte, daß Feuer im Cockpit sei. Gleichzeitig fing der Kabinendruck an zu steigen, und erhebliche Bewegungen wurden durch die Messung der Trägheitsplattform angedeutet. Das bedeutet, daß die Mannschaft ihr Notausstiegsmanöver begann. Um 18h31m12s, oder neun Sekunden nach den ersten Anzeichen, begann die Kabinentemperatur rapide zu steigen, und Chaffee meldete, daß ein schweres Feuer in der Kabine existiere. Gleichzeitig verstärkte Chaffee die Innenbeleuchtung und schaltete die Bordbatterien ein. Keine anderen verständlichen Meldungen wurden empfangen, obwohl einige Hörer im Kontrollbunker glaubten, daß es einen Schmerzensschrei gegeben habe. Die Signale hörten einige Sekunden später auf. Die Sauerstoffversorgung der Raumanzüge, die bis dahin fast konstant geblieben war, sowie Druck und Temperatur fingen zu schwanken an. Um 18h31m17s, oder 14 Sekunden nachdem das Feuer entdeckt worden war, barst die Kabine. Eineinhalb Minuten nach Beginn des Feuers wurde die Bordenergieversorgung für das Raumschiff abgeschaltet. Die offiziellen Todesscheine für alle drei Mannschaftsmitglieder nennen als Todesursache Erstickung durch Rauchinhalation als Folge des Feuers."

Reiner Sauerstoff als Zeitraffer

Noch steht die Ursache des Unglücks nicht eindeutig fest. Sicher jedoch ist, daß die „Kabinenluft“ aus reinem Sauerstoff bei der Ausbreitung des Feuers wie ein „Zeitraffer“ wirkte.

Die besondere Tragik des Apollo-Unglücks liegt darin, daß die Astronauten nicht den Tod fern im Kosmos, sondern hier auf der Erde fanden; daß die Katastrophe nicht während eines echten Starts zu einem neuen Raumflug, sondern beim routinemäßigen Simulieren eines Countdown geschah; daß nicht, wie von vielen amerikanischen Astronauten befürchtet, das mit hochexplosivem Treibstoff betankte Trägerraketensystem den Brand auslöste, sondern das Feuer in der Kabine ausbrach, als weder Rakete noch Raumschiff mit Treibstoff betankt waren.

Die Apollo-Katastrophe war das erste Unglück, das in unmittelbarem Zusammenhang mit der bemannten Raumfahrt stand. Jedem vernünftig denkenden Menschen ist natürlich klar, daß man auch in der Raumfahrt, diesem größten Abenteuer der Menschheit, mit Gefahren rechnen muß. Doch berechtigt der hohe Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik, den wir heute erreicht haben, andere Maßstäbe anzulegen als an die Pioniertat eines Otto Lilienthal oder Max Valier.

Die Apollo-Krise

In der amerikanischen Presse war bereits Ende vergangenen Jahres, unmittelbar nach Abschluß des Gemini-Programms, von einer „schweren technischen Krise“ des Apollo-Projekts die Rede. Aus der amerikanischen Fachpresse ist auch bekannt, daß diese Krise durch technische Schwierigkeiten mit wenigstens drei voneinander unabhängigen Hauptelementen des Saturn-Apollo-Systems entstanden ist.

In erster Linie geht diese Krise auf die Explosion der Treibstoffbehälter in dem Apollo-Mondschiff Nr. 17 während eines Druckversuches im Herstellerwerk North American Aviation in Los Angeles zurück. Die Explosion ereignete sich in der Gerätekammer, die sich unmittelbar an die Kosmonauten-Kabine anschließt und die unter anderem auch die Rakete enthält, mit der die Kapsel zur Erde zurückbefördert wird.

Nach Angaben der „Aviation Week“ vom 26. 12. 1966 hat es allein an der Apollo-Kommando-Einheit 20 000 Fehler, Pannen und Beanstandungen gegeben. Bei der Apollo 1, in der Grissom, White und Chaffee ums Leben kamen, traten Probleme mit der Klimaanlage auf. Sie waren die Ursache für die mehrfache Verschiebung des Starts. Außerdem soll laut AP „... das Rettungskontrollsystem über 200 Mängel aufgewiesen haben. Selbst beim abschließenden Test und bei Kontrollen hatten sich in jedem Monat Änderungen und Verbesserungen als nötig erwiesen.“

Schließlich gab es noch ernste Schwierigkeiten mit der zweiten Stufe der noch nicht erprobten Saturn V. Bei Probefläufen auf den Prüfständen wurden Risse an den Schweißnähten festgestellt.

Diese technische Krise führte Ende vorigen Jahres zu radikalen Flugplanänderungen, die bei den Kosmonauten eine starke Verstimmung ausgelöst hatten. So wurde z. B. das bemannte Experiment Apollo 2 in der bisher geplanten Form vollständig abgesetzt, und die Besatzung der Apollo 2, Schirra, Eisele und Cunningham, wurde ohne Angabe von Gründen zur Ersatzmannschaft für Apollo 1 bestimmt. Selbst der Chef des Apollo-Programms, Dr. Joseph Shea, warnte noch Anfang Januar 1967: „Ich kann nicht einsehen, wie man schon jetzt einen Termin für den Start des ersten amerikanischen Raumschiffes zum Mond festlegen kann. Wir müssen

abwarten, bis wir ausreichende Erfahrungen gesammelt haben, um die noch ausstehenden wichtigsten Probleme erkennen zu können.“

Das Apollo-Projekt, in dessen Rahmen die Amerikaner zum Mond fliegen sollen, ist das ehrgeizigste Programm der US-Raumfahrt. Dreimal wurden vor dem schwarzen Freitag von Cape Kennedy die Termine für den ersten Mondflug verkürzt – erst 1970, dann 1969 und schließlich sogar schon 1968 sollte der Start erfolgen. Kein Wunder, wenn nach der Katastrophe viele Amerikaner ihre Regierung scharf kritisierten. Die „New York Times“ schrieb, dieser Stimmung des amerikanischen Volkes nachgehend, über den Tod der drei Astronauten: „Wurde ihr Leben wegen des zwar bindenden, dennoch aber freiwillig gewählten Zeitplanes für das Apollo-Projekt und wegen der Terminverkürzungen geopfert, mit denen dieser Plan erfüllt werden sollte? Wurden irgendwelche Sicherungsmaßnahmen nur aus dem Bestreben außer acht gelassen, die Russen im Wettstreit zum Mond zu schlagen?“

Siehe hierzu den Text des Bildteiles, der weitere Informationen über das Unglück enthält.

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 1. Vierteljahr 1967

Refraktor: 50 mm Vergrößerung 30fach

Monat	Rm	n
Januar	66,4	8
Februar	56,0	2
März	58,5	19
I. Vierteljahr	60,5	29

Rm = Monatsmittelwert

n = Anzahl der Beobachtungen

Im ersten Vierteljahr nahm die Fleckentätigkeit weiterhin zu, die Monatsmittelwerte verdoppelten sich fast gegenüber denjenigen vom Vorjahr. Im Januar waren 4 bis 6 Gruppen mit etwa 20 Einzelflecken sichtbar. Ende Februar und Anfang März wurden sogar tägliche Relativzahlen über 100 erreicht. Am 20. März erschien am Ostrand eine Gruppe, die sich zu besonderer Schönheit entwickelte. Sie nahm ein großes Flächengebiet ein und zeigte zwischen zwei größeren Flecken mit deutlicher Penumbra zahlreiche kleinere.

ERICH SCHÜTZ, Hildburghausen

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitsplan 1967 des Bezirksfachausschusses Leipzig

1. Regelmäßige wissenschaftliche Arbeit auf den Gebieten Sonnenbeobachtung, Sternbedeckungen durch den Mond, Satellitenbeobachtung, Veränderliche Sterne. – Für das letztgenannte Beobachtungsprogramm ist die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Hartha verantwortlich; die anderen Beobachtungen werden in Eilenburg gesammelt. – 2. Die Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg stellt sich weiterhin als Informationszentrum, insbesondere zur Förderung des Instrumentenselbstbaues, zur Verfügung. – 3. Alle Fachgruppen intensivieren die Zusammenarbeit mit den Pädagogischen Kreiskabinetten und dem Bezirkskabinett für Lehrerweiterbildung, den einzelnen Schulen und den Abteilungen Volksbildung. – 4. Die Arbeit mit den Ausschüssen für Jugendweihle wird weitergeführt. Zur Entlastung der Sternwarte Eilenburg wird die Sternwarte Lindenthal noch weitere Jugendweihgruppen aufnehmen. – 5. Die Erarbeitung einer Konzeption für ein Planetarium in der Stadt Leipzig ist Anliegen des gesamten BFA. – 6. Alle Fachgruppen beteiligen sich an der Hobby-Schau, die die Bezirksleitung Leipzig des Deutschen Kulturbundes aus Anlaß des 50. Jahrestages der Oktoberrevolution im Herbst durchführt. – 7. Die Erprobung neuer Lehrmittel für den Astronomieunterricht wird in den Sternwarten Leipzig und Lindenthal weitergeführt. Nach und nach sind auch die anderen Sternwarten in diese Arbeit einzubeziehen. – 8. Der Werbung neuer Kräfte für die Fachgruppen und der Gründung einer Fachgruppe in Wurzen ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. – 9. Die Sternwarten Wurzen und Eilenburg werden die Zusammenarbeit mit der URANIA weiter vertiefen. Für Leipzig ist Fühlungnahme auf Bezirksebene vorgesehen. – 10. Der BFA bereitet eine Fachtagung aller Amateurastronomen des Bezirkes Leipzig vor. – 11. Die Sitzungen des BFA finden voraussichtlich dreimal jährlich statt.

Dr. E. LINDNER, Vorsitzender

Tätigkeitsbericht 1966 der Sternwarte Pulsnitz

Allgemeines

Durch das schon im vorjährigen Tätigkeitsbericht erwähnte Bauvorhaben entstand im Vorderhaus der Sternwarte eine Wohnung (5 Räume), die 1967 einem ständigen Mitarbeiter zur Verfügung stehen wird. Der Sternwarte fehlen nun vor allem noch einige Ausstellungsräume für ihr bisher magaziniertes Museumsmaterial. Die Beseitigung mehrerer Licht- und Lärmquellen, die 1966 in der Umgebung der Sternwarte entstanden waren, wurde in Angriff genommen. Finanzielle Mithilfe erhielt die Sternwarte wie bisher vom Rat des Kreises Bischofswerda.

Personelles

Als freiwillige Mitarbeiter waren der Physiklehrer Heinz Spengemann (Instrumente) und der Dolmetscher Alexander Ander (fremdsprachliche Übersetzungen) tätig.

Geschichte der Astronomie

Für eine abschließende geschichtliche Darstellung der Leipziger Universitätssternwarte von deren Anfängen auf der Pleißenburg (1790) bis zur Aufhebung der Sternwarte (1954) wurde mit der Sammlung des Materials begonnen.

Meteoriten

Um die Ähnlichkeit der Oberflächenstruktur von Tektiten und Meteoriten nachzuweisen, wurden zahlreiche Aufnahmen gemacht. Bei den bisherigen Theorien zum Tektiteproblem wird das massenweise Niedergehen der Tektite auf eng begrenzten Fallgebieten oft ungenügend beachtet. Verhältnismäßig einfach lassen sich alle Erscheinungen erklären, wenn man die Entstehung der Tektite auf große perlsteinartige Meteorite lunarer Herkunft zurückführt, welche bei ihrem Eindringen in die Erdatmosphäre wie irdischer Perlsteln zu Kugeln auseinanderbrechen. Letztere gehen dann als Tektiteschauer auf der Erde nieder.

Instrumente

Am großen Astrographen (270 mm Refraktor $f = 382$ cm mit 250 mm Astro-Vierlinser $f = 100$ cm) konnten endlich die letzten Kriegsschäden beseitigt werden. Der Refraktor wurde am 12. 8. 1966, der Astro-Vierlinser am 8. 10. 1966 wieder in Dienst gestellt. Der Einregulierung der beiden Pendeluhrn von W. Cloos, die seit 1945 außer Betrieb gewesen waren, wurde viel Zeit gewidmet.

Beobachtungen

Am 270-mm-Refraktor (Vergrößerung $306\times$) wurden 35 Zeitbestimmungen an Erscheinungen im Jupitersystem (Verfinsterungen, Schattenwurf, Bedeckungen und Vorübergänge der Jupitermonde) erhalten und an das Bureau des Longitudes in Paris weitergeleitet. Es wurden meist zwei Kontakte (erste Berührung und letzte Berührung) erfaßt. Die Unsicherheit der Beobachtungszeiten beträgt bei Luftzustand 1 etwa zehn Sekunden, steigt jedoch bei ungünstigeren Beobachtungsbedingungen sehr rasch an.

Mit dem 250 mm Astro-Vierlinser gelangen 7 lang belichtete Felderaufnahmen auf ZU-2-Platten, 20×20 cm, des VEB Filmfabrik Wolfen. Mit dem 200-mm-Zeiss-Fernrohr $f = 160$ cm wurde am 3. 3. 1966 eine Venus-Zeichnung erhalten und in „Astronomie und Raumfahrt“ 4, 111, 1966 veröffentlicht. Eine am 10. 8. 1966 mit dem 270-mm-Refraktor gewonnene Saturn-Zeichnung ergänzt diese. Mit negativem Erfolg wurden die Mondkrater Alphonsus und Aristarch Herodot auf verdächtige Lichterscheinungen hin überwacht.

Wissenschaftliche Arbeiten

Der Unterzeichnete verwandte den größten Teil seiner Arbeitszeit zur Weiterführung des schon im vorjährigen Tätigkeitsberichte erwähnten Manuskriptes „Über einige bei großen Geschwindigkeiten zu erwartende Bewegungseffekte“. Die Veröffentl. Sternw. Pulsnitz Nr. 1 („Die Verwendung realer Effekte in der speziellen Relativitätstheorie“) wurde verbessert und eine Neuauflage der Schrift vorbereitet, die 1967 erscheinen wird.

Volksbildung

Die Sternwarte wurde 1966 von 7309 Personen besucht (1965: 5953 Besucher). Außerhalb der Sternwarte hielt der Unterzeichnete im Auftrag der Gesellschaft URANIA 7 Vorträge. Für Zeitungen wurden 16 populär-astronomische Beiträge verfaßt.

J. CLASSEN

Aus der Literatur

Neue Erkenntnisse über Planeten

Merkur: Radarbeobachtungen haben ergeben, daß die Rotationszeit nur 58,65 Tage beträgt, während die Umlaufzeit 87,969 Tage ausmacht. Demnach wendet Merkur entgegen der bisherigen Annahme nicht ständig dieselbe Seite der Sonne zu. — Mars: Aus den Meßdaten von Mariner IV geht hervor, daß der atmosphärische Druck an der Oberfläche des Mars demjenigen entspricht, der in der Erdatmosphäre in 37,7 km Höhe herrscht. — Jupiter: Die unterschiedliche Stärke der Radioemission von Jupiter scheint von der jeweiligen Stellung des innersten Jupitermondes Io abzuhängen, der innerhalb der Magnetosphäre des Jupiter kreist. — Pluto: Die Rotationszeit dieses Planeten wird zur Zeit mit 6 Tagen, 9 Stunden, 16 Minuten, 54 Sekunden, ± 26 Sekunden angenommen. Ein rasanter Vorbeigang Plutos vor einem Stern 15. Größe hat bewiesen, daß der Durchmesser Plutos 6800 km nicht übersteigt, denn sonst hätte Pluto den Stern bedecken sollen. Man folgert weiterhin, daß die Masse Plutos nicht 0,9 der Erdmasse ausmacht, sondern sehr wahrscheinlich nur 0,1.

(VdS-Nachrichtenblatt 15, 12, 149/150, 1966. Mitgeteilt von A. Oberstatter nach J. Roy, Astr. Soc. Canada, 6, 1966.)

Neues von Röntgenstrahlungsquellen

Von etwa einem Dutzend bekannter Röntgenstrahlungsquellen war 1965 nur eine identifiziert, der Crab-Nebel. Die nicht identifizierten Quellen liegen nahe der galaktischen Ebene, die Hälfte von ihnen ist um das galaktische Zentrum konzentriert. Möglicherweise können diese Quellen auch in Zukunft nicht identifiziert werden, da sie im Bereich starker optischer Absorption liegen.

(Sterne und Weltraum, 5, 12, 296, 1966. Mitgeteilt von H. Ruhm.)

Ein neuer Sterntyp

Ein Stern mit einem Radius von 1000 km und einer Dichte von 1000 t pro ccm (!) würde kleiner und dichter als ein Weißer Zwerg sein, aber weniger dicht als ein Neutronenstern. Für ein derartiges Objekt wurde der Name „Pygmy star“ (von Pygmäen) eingeführt. Zwei derartige Sterne entdeckte W. J. Luyten von der Universität Minnesota. Zwicky erhielt von diesen Sternen mit dem 5-m-Spiegel des Mount-Palomar-Observatoriums Spektren.

(Sky and Telescope, 33, 1, 31, 1967.)

Neuer Kanon der Sonnenfinsternisse

In Amerika wurde vom Pergamon-Verlag in Long Island City von Jean Meeus ein „Canon of Solar Eclipses“ herausgegeben. Er ergänzt das bisherige Standardwerk dieser Art, den „Canon der Finsternisse“ von T. von Oppolzer. Die Daten des neuen Werkes wurden in verhältnismäßig kurzer Zeit geschaffen, da elektronische Rechenmaschinen benutzt wurden. Während das Werk von Oppolzer 8000 Sonnenfinsternisse und 5200 Mondfinsternisse zwischen den Jahren 1206 v. u. Z. und 2161 enthält, bringt Meeus 1450 Sonnenfinsternisse zwischen den Jahren 1898 und 2510.

(Sky and Telescope, 32, 5, 292, 1966.)

Selenologische Ansichten von Prof. Pascual Jordan

Jordan geht von der Diracschen Vorstellung von der Nichtkonstanz der Gravitation aus. Eine Konsequenz dieser – noch keineswegs gesicherten – Hypothese müßte eine ständige Expansion der Erde sein. Beweise hierfür könnten aus der geologischen Erdentwicklung gewonnen werden – die Geologie aber ist Herrn Jordan zugeständenermaßen fremd. Unter diesem Mangel leiden seine Beweisführungen vom ersten bis zum letzten Wort. Das bezieht sich auch auf die Deutung der lunaren Oberflächenformen, die zur Stützung der Argumente herangezogen wird.

(Prof. Dr. Kurt v. Bülow in „Sterne und Weltraum“, 6, 1, 9, 1967.)

Was kommt nach der geglückten Mondlandung?

Die spätere Entwicklung darf nicht zu optimistisch beurteilt werden. Diese Vorsicht spiegelt sich in einer Planungsliste der NASA wieder. Sie enthält fünf Möglichkeiten:

1. Stärkere Betonung der Wirtschaftlichkeit – 2. Weitere Mondforschung – 3. 1983 bemannter Flug zum Mars – 4. Spektakuläre Starts von Satelliten usw. – 5. Eine Mischung der drei ersten Programme.

Der letzte Punkt stellt die Meinung der NASA dar.

(Ch. Leinert in „Sterne und Weltraum“, 6, 1, 11, 1967.)

J. CLASSEN

MITTEILUNGEN



DER DEUTSCHEN ASTRONAUTISCHEN GESELLSCHAFT MITGLIED DER IAF

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

Wir berichten von unserer Wissenschaftlichen Konferenz am 2. Dezember 1966 in Karl-Marx-Stadt

Elektrochemische Energiequellen und -speicher für Raumflugkörper

Dr. E. HOLLAX

Ein in Raumflugkörpern zur Erzeugung elektrischer Energie installiertes System muß insbesondere große Zuverlässigkeit und ein hohes Leistungsvermögen bei geringem Gewicht aufweisen, da Reparaturen während des Fluges extrem schwierig bzw. unmöglich sind und die Kosten für die Überführung von 1 kg Substanz in den Weltraum zwischen 1000 und 5000 Dollar betragen. Die Funktionstüchtigkeit des Energiesystems muß unter Bedingungen wie Schwerelosigkeit, starker mechanischer und Strahlenbelastung, großen Temperaturschwankungen usw. gewährleistet sein.

Elektrische Energie wird beispielsweise für die Versorgung des Führungs- und Kontrollzentrums, zur Aufrechterhaltung der Sprechfunkverbindung, für die Radaranlage, zur Datenermittlung und -speicherung, zur Bildaufnahme, -verarbeitung und -übertragung und für die Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen in der Raumkapsel benötigt. Elektrische Energie ist auch bei Experimenten auf Planetenoberflächen und ihrer Umgebung (insbesondere für Fahrzeuge zur Oberflächenforschung) erforderlich.

Nach einer Faustregel wird 25 Prozent der Gesamtleistung als Gleich- und 25 Prozent als Wechselstrom sowie der Rest sowohl als Gleich- als auch als Wechselstrom benötigt. Die in Frage kommenden Bordgeräte arbeiten teilweise bei unterschiedlichen Spannungen. Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind außer den Stromerzeugern noch spezielle Vorrichtungen (z. B. Zerstörer, Transformatoren) erforderlich.

Die erforderliche elektrische Energie kann prinzipiell aus Kern-, Sonnen- oder chemischer Energie erzeugt werden. Welche der Energiesysteme zum Einsatz kom-

men, richtet sich nach der Höhe des benötigten Energiebetrages und der Dauer des Weltraumunternehmens. Die Dauer kann beispielsweise bei Satelliten oder interplanetaren Unternehmen einige Jahre betragen, die erforderliche Leistung zwischen einigen Watt und Megawatt (für bemannte interplanetarische Antriebssysteme) liegen.

Für langzeitigen Betrieb bei niedriger Leistung (> 1 Monat, < 10 kW) sind Sonnenenergiesysteme einsetzbar (Sonnenzellen $< 0,1$ kW; Sonnenspiegel < 10 kW). Eine Konkurrenz ist ihnen in den Isotopensystemen (Kernzerfallsbatterien) erwachsen, welche besonders wegen ihrer relativ großen Immunität gegenüber den Weltraumbedingungen geeignet erscheinen (> 1 Monat, < 10 kW). Ohne Konkurrenz sind Reaktorsysteme, wenn Leistungen > 10 kW über Zeiten von mehr als einem Monat benötigt werden. Über die hier angeführten Systeme wird später noch ausführlich berichtet werden; ebenso über Treibstoffmotor- bzw. Treibstoffturbinensysteme.

Die im vorliegenden Beitrag erläuterten elektrochemischen Systeme vermögen gegenwärtig in Raumfahrzeugen einen Energiebedarf von etwa 1 kW bis zu 1 Monat zu decken.

Bekanntlich findet bei chemischen Reaktionen, an denen Ionen beteiligt sind, stets ein Austausch elektrischer Ladungen statt. Zum Beispiel: $Z + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu$.

Eine Anordnung, bei der die Elektronenabgabe (Oxidation) und die Elektronenaufnahme (Reduktion) eines freiwillig verlaufenden elektrochemischen Prozesses räumlich getrennt erfolgt, bezeichnet man als galvanische Zelle. Sie wird wie folgt symbolisiert: (Anode) $- Zn / Zn^{++} / Cu^{++} / Cu +$ (Kathode).

Den mit Minus (−) gekennzeichneten Pol der Zelle, an welchem die Oxidation stattfindet, bezeichnet man als Anode, die Gegenseite als Kathode.

Die elektrische Arbeit einer Zelle ergibt sich unter thermodynamisch idealen Bedingungen aus der Differenz der freien Enthalpie ($-\Delta G$) von Reaktionsprodukt und Reaktionspartnern. Aus dem Produkt $-T\Delta S$, wobei T die absolute Temperatur und ΔS die sogenannte, durch Reaktion hervorgerufene Reaktionsentropie darstellen, ergibt sich der Energiegewinn oder -verlust, der als Erwärmung oder Abkühlung der Zelle auch unter völlig idealen Betriebsbedingungen, d. h. bei vernachlässigbarer Stromwärme (am Innenwiderstand) und Polarisation, also bei kleinsten Stromdichten auftritt. (Unter nicht idealen, aber in der Praxis üblichen Bedingungen sind die Verluste durch Erwärmungen wesentlich höher.)

Die innere Enthalpie H ändert sich folglich nicht in gleichem Maße wie G . Es gilt:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

Bei Kenntnis von ΔG läßt sich die theoretische Spannung des unbelasteten galvanischen Elementes nach Gleichung (2) berechnen:

$$U_0 = \frac{-\Delta G}{n \cdot F} \quad (2)$$

Je nach dem Charakter der stromliefernden Reaktion und der Art der Umsetzung unterscheidet man Primär-, Sekundär- und Brennstoffzellen sowie Zellen mit thermischer Regenerierung des Reaktionsproduktes, welche alle bei bisherigen Weltraumexperimenten benutzt wurden.

Erstere können als klassische elektrochemische Energiequellen bezeichnet werden, während Brennstoffzellen und Zellen mit einem System zur thermischen Regenerierung des Reaktionsproduktes sich noch überwiegend im Entwicklungs- bzw. Erprobungsstadium befinden.

Die elektrochemische Brennstoffzelle ist erst in letzter Zeit durch ihren Einsatz beim Gemini-Projekt in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt. Obwohl sich die

Sowjetunion und auch die USA gegenwärtig noch besonders auf die auf ihre Zuverlässigkeit hin ausreichend erprobten Sekundärbatterien stützen [beispielsweise in Gemini 5 waren für den Umstand des Ausfalls der Brennstoffelemente bzw. für die Stromversorgung nach Abwurf des Adapters (siehe unten) Silber-Zink-Akkumulatoren installiert], müssen auf Grund des theoretisch Möglichen und der bisher erzielten praktischen Ergebnisse den Brennstoffzellen für die Zukunft die weitaus größeren Chancen eingeräumt werden.

Bereits die beim Gemini-Projekt (s. u.) eingesetzten Brennstoffzellen haben nur noch 1/6 bis 1/10 des Gewichtes der besten käuflichen Primärbatterien bei gleicher gelieferter Energiemenge. Außerdem wird auch das von Brennstoffzellen gelieferte Wasser von den Astronauten benötigt. Die bei dem Betrieb der Zelle entstehende Wärme kann ebenfalls genutzt werden.

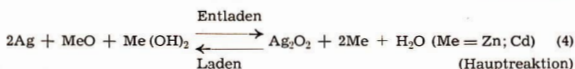
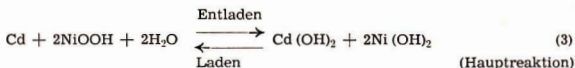
1. Akkumulatoren (Speicherbatterien, Sekundärbatterien)

Akkumulatoren sind galvanische Zellen, bei denen man die bei der Stromlieferung ablaufende Reaktion durch Elektrolyse vollständig umkehren kann.

Sie werden in Verbindung mit einem elektrischen Energie erzeugenden System benutzt, z. B. in Kombination mit Sonnenzellen, welche unter Normalbedingungen gelieferte Wasser von den Astronauten benötigt. Die bei dem Betrieb der Zelle entstehende Wärme kann ebenfalls genutzt werden.

Die Akkumulatoren speichern elektrische Energie für Spitzenbelastungen (insbesondere während der Startphase) und für den Betrieb in den Erdschattenperioden.

In der Raumfahrt am gebräuchlichsten sind Nickel-Kadmium-, Silber-Kadmium- und Silber-Zink-Batterien. Die in ihnen ablaufenden Bruttoreaktionen geben die nachstehenden Gleichungen wieder:



Verschiedene Kenndaten dieser Akkumulatoren werden in Tabelle 1 zusammengefaßt /1,2/.

Tabelle 1

Speicherbatteriesystem	Leistungsgewicht gegenwärtig Wh/kg	Leistungsgewicht zukünftig Wh/kg	Anzahl der Betriebszyklen			Entladungsrate h	maximale Überladungsrate h
			Entladungstiefe 25 %	Entladungstiefe 50 %	Entladungstiefe 75 %		
Cd/KOH/NiOOH	26	44	10 000	4 000	2 000	5-10	5
Cd/KOH/Ag ₂ O ₂	73	88	3 000	1 500	700	5-10	35
Zn/KOH/Ag ₂ O ₂	176	209	300	100	-	1-2	200

Es ist ersichtlich, daß die Silber-Zink-Speicherbatterie zwar ein relativ hohes Leistungsgewicht besitzt, aber nur verhältnismäßig wenig Betriebszyklen übersteht. Dagegen ist sie am weitaus unempfindlichsten gegen Überladung.

Die Zahl der Lade-Entlade-Zyklen nimmt generell mit zunehmender Entladungstiefe ab. Während des Entladungsvorganges darf nur ein Bruchteil der Batteriekapazität entnommen werden.

Sehr zu beachten ist auch der Zusammenhang zwischen Leistungsfähigkeit und Betriebstemperatur. Beispielsweise wurde bei Ni-Cd-Batterien mit Zellulosetrennwänden oberhalb von 10 °C ein starker Kapazitätsabfall beobachtet /2/.

Die genannten Fakten haben zur Folge, daß die Kapazität der an Bord eines Raumflugkörpers befindlichen Batterien wesentlich höher sein muß, als theoretisch erforderlich ist.

Ein schwer zu lösendes Problem stellt die Kontrolle des Ladungsgrades dar, welche insbesondere zur Verhinderung der sehr schädlichen Überladung nötig ist. Es gibt bis jetzt noch keine restlos befriedigende Methode. Sowohl die diodengesteuerte Ausschaltung des Ladestromes nach Erreichung einer bestimmten Batteriespannung als auch die Einführung einer Brennstoffzellen-Sauerstoff-Elektrode (sogenannte 3. Elektrode) in die Batterie führten aber einen signifikanten Schritt vorwärts (vgl. Abb. 1). Mit Hilfe der 3. Elektrode wird eine elektrochemische Rekombination der beim Überladungsprozeß aus H_2O elektrolytisch erzeugten Gase O_2 und H_2 zu Wasser erreicht, wodurch der Gasdruck der Batterie erniedrigt und die Dichtigkeit der Zelle gewährleistet wird. Bei Beginn der Rekombination wird ein elektrisches Signal ausgesandt, welches die Beendigung der Aufladung anzeigt.

Übrigens kann die Einführung einer 3. Elektrode in verschiedene Akkumulatoren aus den genannten Gründen auch bei Anwendungen auf der Erde Vorteile bringen.

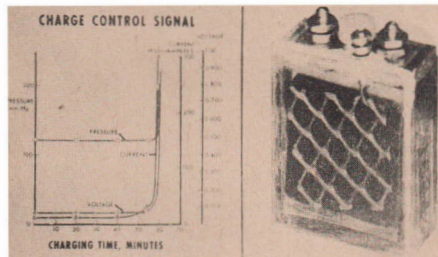


Abb. 1

Außenansicht einer in Raumfahrzeugen eingesetzten Sekundärbatterie (mit 3. Elektrode) und ihre Kennlinien.

2. Primärzellen

Bei Primärzellen ist der bei der Stromlieferung ablaufende chemische Vorgang teilweise irreversibel. Sie können folglich nicht wieder aufgeladen werden.

Zu den in der Praxis bewährtesten zählen

20prozentig

die Leclanché-Zelle: $C/[MnO_2] \quad NH_4Cl/Zn$

das Ruben-Mallory-Element: $Hg/[HgO] \quad KOH \quad [Zn(OH)_2]/Zn$

20prozentig

und die Luftsauerstoffzelle: $C(O_2)/NaOH/Zn$.

Da Primärzellen nur bis zur völligen Entladung verwendbar sind, setzt man sie gegenwärtig in der Raumfahrt nur selten ein. Sie wurden vor allem in ersten Raumflugkörpern, z. B. in „Pionier 1“ benutzt.

Wird fortgesetzt in Heft 6/67,

Zweiter Jahresbericht der Satellitenbeobachtungsstation

KARL-HEINZ NEUMANN

Dieser zweite Jahresbericht umfaßt den Zeitraum vom 20. 5. 1965 bis zum 15. 11. 1966.

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. Die im Berichtszeitraum des ersten Jahresberichtes tätige Arbeitsgemeinschaft arbeitete bis zum Herbst 1966 weiterhin an der Station mit. Die vier Oberschüler verließen zu diesem Zeitpunkt die Arbeitsgemeinschaft, da sie in die 12. Klasse kamen.

Ende 1965 bildete sich eine neue Arbeitsgemeinschaft. Ihr gehören jetzt an: 1 junge Arbeiterin (aus der alten AG), 1 Student, 2 Lehrlinge, 2 Oberschüler.

Seit Anfang 1966 arbeitet ferner der Mathematikstudent Reinhard Schulze an der Station mit. Seine Arbeit und seine Einsatzfreudigkeit ist besonders hervorzuheben, denn alle noch zu beschreibenden Reparatur-Arbeiten an den elektronischen Apparaten führte er selbständig aus. Ferner entwickelte und baute er neue elektronische Apparaturen und Zusatzgeräte für die Verbesserung der funkttechnischen Beobachtungen.

Ab Mai 1966 wurde eine zweite Arbeitsgemeinschaft in Zusammenarbeit mit der Jugend-URANIA des Stadtbezirkes Treptow an der Satellitenbeobachtungsstation gegründet. Sie besteht aus: 6 Schülerinnen und Schülern von Treptower Schulen.

Die Hauptarbeit der ersten Arbeitsgemeinschaft besteht in der optischen Beobachtung und Auswertung, die der zweiten in der Auswertung der gewonnenen funkttechnischen Beobachtungen sowie unter der Anleitung von Reinhard Schulze im Bau von elektronischen Geräten.

2. Instrumentelle Entwicklung

2.1. Instrumentenzugang

Im Berichtszeitraum war folgender Instrumentenzugang durch Neuanschaffung, leihweise Überlassung sowie durch Übernahme von alten z.T. reparaturbedürftigen Beständen der DAG zu verzeichnen: 1 Quarzuhr, Erfurt Typ 2019, 1 Kompensationsbandschreiber, 1 Allwellenempfänger, Erfurt Typ 188 (wurde repariert), 1 HF-Generator, Erfurt Typ 1047, 1 Zweistrahlenoszillograph, 1 Quarz-Festfrequenzgenerator (wurde repariert), 1 NF-Generator (wurde repariert), 1 Doppelrecorder, 1 Feldstärkemesser FSM-3 (Empfänger) (wurde verbessert), 1 Wendelantenne (wurde selbst gebaut), 1 Normalfrequenz- und Normalzeiteinrichtung (wird z. Z. stufenweise repariert).

2.2. Anlagenkomplexe

In der Berichtszeit wurden eine Reihe von Anlagenkomplexen aufgebaut, die im einzelnen beschrieben werden:

2.2.1. Zeitanlage

Auf Grund der Beschaffung einer Kleinquarzuhr war es möglich, eine Zeitanlage für die optische Beobachtung aufzubauen.

Die Sekundenimpulse der Quarzuhr modulieren die 1 kHz Ausgangsschwingung der Quarzuhr und können so auf einer Spur des Doppelrecorders geschrieben werden. Das Zeitsignal wird durch den 1-kHz-Ton des NF-Generators gegeben und auf der zweiten Spur des Recorders geschrieben. Bei visuellen Beobachtungen erfolgt die Auslösung durch eine Drucktaste manuell, bei fotografischen Beobachtungen über den Auslöser des Blitzkontaktes der Kamera. Die größte Schreibgeschwindigkeit des Recorders ist 190 mm/s. Damit ist es möglich, bei fotografischen Beobachtungen eine Genauigkeit von 1/100 s zu erreichen.

Nach einer rund halbjährigen Einlaufzeit sind die täglichen Abweichungen der Kleinquarzuhr in der Größenordnung von 1 ms. Die Quarzuhr wird täglich durch Vergleich mit dem Sekundenzeitzeichen des Senders Nauen (4,325 MHz) über den Recorder kontrolliert.

2.2.2. Fotografische Beobachtung

Zur fotografischen Beobachtung wird ein Kometsucher auf transportablem Dreibeinstativ mit der Kleinbildkamera Exakta Varex benutzt. Aufgenommen wird die Bahnspur bei 12 s

Belichtungszeit. Öffnung des Objektivs 77 mm, Brennweite 250 mm, Film ORWO 27 DIN, Grenzgröße der abgebildeten Sterne bei mondlosem Himmel 8 m (Zeitregistrierung siehe 2.2.1.).

2.2.3. Visuelle Beobachtung

Zwei AT-1-Fernrohre, transportabel auf Dreibeinstativ (Zeitregistrierung siehe 2.2.1.).

2.2.4. Funktechnische Beobachtung im Bereich 20 MHz

Empfänger Erfurt, Tonband Smaragd, Kompensationsbandschreiber für Feldstärkeaufzeichnung, Recorder für Zeitaufzeichnung bzw. Impulsfolge und -dauer. Empfänger läuft ständig. Einschalten der genannten Apparaturen gleichzeitig über einen Druckschalter. Letztgenannte Schaltvorrichtung wurde selbst gebaut.

2.2.5. Funktechnische Beobachtung im UKW-Bereich

Empfänger, FSM-3, Frequenzbereich 87–300 MHz. Die ZF des Empfängers wird abgegriffen (30 MHz) und auf den Antenneneingang des zweiten Allwellenempfängers Erfurt gegeben. Durch Einengung der Bandbreite des Feldstärkemessers konnte die Empfindlichkeit des Gerätes gesteigert werden. Die bisherigen Versuche des Satellitensignalempfangs in diesem Bereich führten noch nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Der Einsatz von Antennenverstärkern wird notwendig werden. Eine Wendelantenne wurde selbst gebaut, es fehlt noch eine geeignete Montierung.

2.2.6. In Arbeit befindliche Anlagen

Zwei optische und eine funktechnische Anlage befinden sich z. Z. im Bau.

2.2.6.1. Fotografische Beobachtungsanlage der Außenstelle Röntgental.

Vorgesehen 6×6 Kamera Praktisix mit Teleoptik 1:2,8 f = 180 Zeitanlage: Zeitzeichempfinger Dabendorf, Doppelrecorder, Festfrequenz-Quarzgenerator mit Uhreneinschub der Normalfrequenzanlage.

2.2.6.2. Satellitennachführinstrument mit automatischer Registrierung des Durchgangs des Satelliten durch den Himmelsäquator. (Zeitregistrierung auf Doppelrecorder, fest aufgestellte parallaktische Montierung mit mehreren Beobachtungsinstrumenten und zwei Plattenkameras.)

2.2.6.3. Volltransistorisierte Empfangsanlage für den 20-MHz-Bereich mit Quarzoszillator, Ables- und Aufzeichnungsmöglichkeit für Signalfeldstärke und Doppelfrequenzänderung. Diese Anlage wird an der Satellitenbeobachtungsstation gebaut.

2.2.6.4. Zur Automatisierung der funktechnischen Beobachtungen im 20-MHz-Bereich wurde eine elektronische Programmzeitschaltanlage, die von der Quarzuhr gesteuert wird, entwickelt. Das erste Versuchsmuster steht kurz vor der Erprobung.

3. Entwicklung der Arbeit der Station

Hauptschwerpunkt der Arbeit der Station im Berichtszeitraum war die funktechnische Beobachtung der sowjetischen Kosmos-Satelliten. Daneben wurden Versuche auf dem Gebiet der optischen Beobachtung gemacht sowie Arbeiten begonnen zur Entwicklung von anderen und verbesserten Beobachtungsverfahren. Auch laufen Arbeiten zur Verbreiterung der populärwissenschaftlichen Arbeit.

3.1. Funktechnische Beobachtung

3.1.1. Beobachtungen im 20-MHz-Bereich

Die Beobachtungen konzentrierten sich auf die sowjetischen Kosmos-Satelliten mit kurzer Lebensdauer (meistens 8 Tage). In der folgenden Tabelle eine Zusammenstellung der Beobachtungszahlen auf die einzelnen Jahre verteilt seit Gründung der Station.

Zeitraum	Anzahl der Satelliten	Zahl der Beobachtungen	Mittel pro Satellit
1964, April 4. – Dezember 31.	15	120	8,0
1965, Januar 1. – Dezember 31.	16	210	13,1
1966, Januar 1. – November 1.	14	264	18,9
Insgesamt	45	594	13,2

3.1.2. Beobachtungsmethoden

Festgehalten wurde jeweils:

Beginn und Ende der Hörbarkeit der Signale mit einer Genauigkeit von ± 1 Sekunde (beim Ende der Hörbarkeit ist der Fehler größer).

Maximum der Intensität, der Fehler liegt hier in der Größenordnung ± 10 Sekunden.

Messung bzw. später Schreiben des Feldstärkeverlaufs der Signale. Wenn es lohnend war, Aufzeichnung auf Tonband und Schreiben mit dem Recorder.

3.1.3. Ergebnisse und Auswertung

Die Ergebnisse der funkttechnischen Beobachtungen wurden über den Ephemeridendienst der DDR an den Astronomischen Rat der Sowjetunion und an den Zentralen Radioclub der UdSSR weitergeleitet. Von beiden Institutionen erhielt die Satellitenbeobachtungsstation ein Dankschreiben.

Ferner wurden die Beobachtungsergebnisse selbst ausgewertet, um daraus Bahnänderungen abzuleiten. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist in drei Veröffentlichungen in der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ unter „Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft“ erschienen.

3.1.4. Beobachtungen im UKW-Bereich

Mit der unter Punkt 2.2.5. beschriebenen Anlage wurden Versuche des Empfangs der Signale von Satelliten im 136-MHz-Bereich und 162-MHz-Bereichs sowie von Mondsonden im 183-MHz-Bereich unternommen. Die Ergebnisse waren nicht zufriedenstellend, deshalb müssen weitere instrumentelle Entwicklungsarbeiten ausgeführt werden.

3.1.5. Experimente

Die hauptsächlichsten Versuche bezogen sich auf die Möglichkeiten der Messung des Dopplereffektes. Experimente unter Verwendung des vorhandenen HF-Generators als Oszillator verliefen negativ, da dessen Frequenzschwankungen innerhalb von wenigen Minuten einige 10 Hz und mehr ausmachten.

3.1.6. Bestimmung des Zeitpunktes der größten Annäherung des Satelliten an die Station

Um den Zeitpunkt der größten Annäherung des Satelliten an die Station festzustellen, ist es notwendig, den Wendepunkt der Dopplerkurve zu bestimmen. Um das zu erreichen, wurde folgende experimentelle Anlage aufgebaut:

Die 100 kHz der Quarzuhr, von denen eine Oberwelle bei 20 MHz liegt, werden auf den Antenneneingang des Allwellenempfängers Dabendorf gegeben. Sendet der Satellit bei 19,995 MHz, so entsteht im Wendepunkt der Dopplerkurve ein Ton von genau 5 kHz. Der Signalausgang geht über einen Gütevervielfacher auf das Tonband. Der Gütevervielfacher wurde selbst gebaut. Es handelt sich um ein strenges Frequenzfilter, das nur genau 5 kHz $\pm$ 5 Hz durchläßt. Das Filter läßt nur einen Ton durch, wenn die gesendete Frequenz mit der empfangenen Frequenz übereinstimmt. Das Einschalten des Tonbandes erfolgt zu einem exakt festgelegten Zeitpunkt. Durch späteres Schreiben der Tonbandaufzeichnung (das Signal kommt maximal nur 2-3 Sekunden durch) läßt sich der Zeitpunkt der größten Annäherung mit einer Genauigkeit von $\pm$ 1 Sekunde bestimmen. Die ersten Vermessungen an Satelliten, die auf 19,995 MHz sendeten, zeigten sehr gute Ergebnisse. Die daraus abgeleiteten mittleren täglichen Umlaufzeiten sind um 1 bis 2 Zehnerpotenzen genauer, als die nach der unter 3.1.2. beschriebenen Methode gewonnenen.

3.2. Optische Beobachtungen

Für visuelle und fotografische Beobachtungen wurden zahlreiche Versuche gemacht. Über die örtlichen Schwierigkeiten wurde im vorangegangenen Jahresbericht ausführlich geschrieben. Deshalb wurde beschlossen, am Stadtrand (Röntgental) eine Außenstation für optische Beobachtungen einzurichten.

3.2.1. Visuelle Beobachtungen

Nach zahlreichen Versuchen kann als erwiesen gelten, daß visuelle Beobachtungen mit nicht fest aufgestellten Instrumenten derart fehlerhaft sind, daß sie keinen wissenschaftlichen Wert besitzen. Auf eine systematische Beobachtung mit den beiden AT-1-Fernrohren wurde deshalb verzichtet.

3.2.2. Fotografische Beobachtung

Ab Herbst 1966 wurde mit Versuchen für die fotografische Beobachtung begonnen. Es konnten über 100 Positionen des Satelliten Pageos 1 gewonnen werden.

Die Hauptschwierigkeit liegt hier in der Auswertung der Beobachtungen. Die Verwendung des Meßmikroskops für die Positionsvermessung bzw. den Anschluß an Vergleichssterne ist zeitlich sehr aufwendig und erfordert eine recht umfangreiche Rechenarbeit, die bei einer intensiven Beobachtungsarbeit personell nicht zu bewältigen ist. Es wurden deshalb Versuche unternommen, auf dem Weg über fotografische Vergrößerungen die Meß- und Rechenarbeit zu reduzieren. Dabei muß der Genauigkeitsgrad der einzelnen Positionsangaben sinken. Zur Zeit laufen Untersuchungen über den Genauigkeitsgrad bei vereinfachten Auswertungsmethoden.

3.3. Entwicklung von Beobachtungs- und Auswertungsverfahren

Angaben über diese Arbeiten siehe unter Punkt 2.2.6.1. bis 2.2.6.4. sowie 3.2.2.

3.4. Populärwissenschaftliche Tätigkeit

3.4.1. Besucher der Station

Im Berichtszeitraum besuchten insgesamt 27 Schulklassen oder Gruppen von Jugendweilnehmern aus Berlin und anderen Städten der DDR die Satellitenbeobachtungsstation. Ihnen wurde ein Überblick über die Station, ihre Instrumentierung und die Satellitenbeobachtung gegeben. Ferner wurde ihnen ein Kurzvortrag über die aktuellsten astronautischen Ereignisse gehalten.

12 Astronomielehrer aus Berliner Schulen nahmen vom Herbst 1965 bis zum Frühsommer 1966 an einem alle 14 Tage stattfindenden astronautisch-astronomischen Beobachtungspraktikum teil.

29 Besucher, unter ihnen der 1. Sekretär des Zentralrates der FDJ, Horst Schumann, Prof. William Rohrer aus Redlands Calif., USA, Jan Rolff, Direktor des Central Bureau for Satellite Geodesy des Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge Mass., USA, sowie zahlreiche Journalisten aus vielen Ländern trugen sich in das Gästebuch ein.

3.4.2. Ausstellung

Die Vorarbeiten für eine kleine Ausstellung im Vorraum der Satellitenbeobachtungsstation wurden abgeschlossen. Sie soll vor allem Schulklassen, die die Station besuchen, einen Einblick in die Entwicklung der Astronautik geben.

3.4.3. Vortragstätigkeit

Der Leiter der Satellitenbeobachtungsstation hat in Berlin und in anderen Orten der DDR zahlreiche Vorträge zu Problemen der Raumfahrt, vornehmlich vor Jugendlichen in Jugendklubhäusern, gehalten.

Im Rundfunk wurde vom Leiter der Station über den Deutschlandsender alle zwei Monate unter dem Titel „Kennwort: Weltraumfahrt“ eine kritische Einschätzung der Raumfahrt ereignisse der vorangegangenen zwei Monate gegeben. Ferner sprach er zu aktuellen Ereignissen im Deutschlandsender, im Jugendstudio DT 64 und beim Deutschen Fernsehfunk.

3.4.4. Publikationen

3.4.4.1. Für die Zeitung „Junge Welt“

Von den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft wurde im Berichtszeitraum viermal die Seite „Fragestunde in der Satellitenbeobachtungsstation“ erarbeitet. Dabei wurden Fragen von Lesern der Zeitung bearbeitet. Der Leiter der Station schrieb mehrere Seiten „Wissenschaft und Technik“ sowie „Du und Deine Zeit“, die Probleme der Raumfahrt behandelten. Ferner wurden eine große Zahl von Einzelbeiträgen und Kommentaren zu Raumflugereignissen erarbeitet sowie Leserfragen auf der Antwortseite beantwortet. Außerdem wurde eine große Zahl von Leserbriefen direkt beantwortet (es gehen wöchentlich drei bis vier Briefe ein).

3.4.4.2. Für andere Publikationen des Verlages „Junge Welt“

Regelmäßig wurden Beiträge für die Zeitschrift „Technikus“ sowie einzelne Beiträge für die Zeitschriften „Wissenschaft und Fortschritt“ sowie „Jugend und Technik“ geschrieben.

3.4.4.3. Broschüre

Für den Zentralrat der FDJ wurde eine besondere Broschüre unter dem Titel „Rote Sterne im All“ mit dem Untertitel „Eine Dokumentation zur Weltraumforschung“ erarbeitet.

3.4.4.4. Für die Deutsche Astronautische Gesellschaft

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der funktchnischen Beobachtungen erschienen in folgenden Heften der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ als „Veröffentlichungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft“: 1966, Heft 2, S. 57–63 (Kosmos 48–52), 1966, Heft 3, S. 85–88 (Kosmos 65–78), 1966, Heft 4, S. 124–128 (Kosmos 79–94). Unter der gleichen Rubrik erschienen vom Leiter der Station vier weitere Veröffentlichungen sowie vier populärwissenschaftliche Artikel.

Ferner wurde vom Leiter der Station für die Deutsche Astronautische Gesellschaft monatlich eine „Schnellinformation“ geschrieben, in der über die Raumflugunternehmungen eines Monats in ausführlicher Form berichtet wird.

3.4.4.5. Tagungsbesuche

Der Leiter der Station nahm an folgenden Tagungen teil: 1965, Oktober, Tagung der Satellitenbeobachter in Budapest, Volksrepublik Ungarn. – 1966, Mai, Cospar-Tagung in Wien, Österreich. – 1966, Oktober, Tagung der Satellitenbeobachter in Potsdam, DDR.

Anmerkung der Redaktion:

Der Leiter der Satellitenbeobachtungsstation, Karl-Heinz Neumann, wurde aus Anlaß des 20jährigen Bestehens des Verlages „Junge Welt“ für seine Verdienste um den Aufbau der Station mit der Arthur-Becker-Medaille in Silber ausgezeichnet.

Astronomie und Raumfahrt

Sonderheft 1

Das Sonderheft der Zeitschrift ist erschienen. Es enthält folgende interessante Beiträge:

Wettersatelliten

Das Saturn-Programm

Das Apollo-Programm

Schwerelos Mensch und schwebefreier Raum

Sind passive Nachrichtensatelliten noch aktuell?

Eldo-Kostenneuverteilung

Schutz von Raumfahrzeugbauteilen durch Oberflächenbehandlung

Neue Ergebnisse der astronautischen Wissenschaft (Cospar-Kongreß)

Astronautische Projekte der Gegenwart (Ein Mondflughafen – MOL = Militärische Raumstationen der USA – Japans vierte Raketengeneration)

Betrachtungen zum Problem der Raumanzüge

Sternwarten im Weltall

Preis des Sonderheftes 1,50 MDN. **Bestellungen bitte direkt an den Deutschen Kulturbund, Abt. Natur und Heimat, 102 Berlin, Liebknechtstraße 31. Die Bestellungen werden ausgeführt, wenn gleichzeitig der Betrag von 1,50 MDN (nur per Postanweisung) mit dem Vermerk „Für Astronomie und Raumfahrt Sonderheft“ eingegangen ist.** Es empfiehlt sich, sofort zu bestellen, da eine zweite Auflage nicht herausgebracht werden kann.

Zur Zustellung unserer Zeitschrift durch die Post

Die Deutsche Post wird ab 2. Halbjahr 1967 das Bezugsgeld für unsere Zeitschrift zweimonatlich kassieren. Wir bitten unsere Leser um Verständnis für diese Maßnahme.

Herausgeber und Redaktion

Astronomie und Raumfahrt

hJ 31052
Heinrich
Maximilianstr. 10

573



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt:

Dieses Doppelheft unserer Zeitschrift bringt zum 50. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution Beiträge zur Geschichte und über Forschungsergebnisse der Astronomie in der Sowjetunion sowie über die Geschichte und die Entwicklung der sowjetischen Astronautik.

Astronomische Forschungen in der Sowjetunion · Prof. Dr. J. Hoppe	97
Von der Evolution der Galaxien · Prof. W. A. Ambarzumjan	102
Zur Entwicklung extragalaktischer Radioquellen · Dipl.-Astronom Frank Baier	107
Die Meteoritenforschung in der Sowjetunion · J. Classen	113
M. W. Lomonossow als Astronom · Dipl.-Opt. Rudolf Brandt	122
Der Mond · Prof. A. A. Michailow	124
Überreste von Supernovae (Nach Dr. J. S. Shklovsky)	130
Sommerreise 1967 zur Krimsternwarte und der Stadt der Wissenschaften „Nauchny“ · Edgar Otto	131
Zehn Jahre optische Satellitenbeobachtung in der Deutschen Demokratischen Republik · Prof. Edgar Penzel	141
Die künstliche Natur des Tungusischen Meteoriten (Nach Doz. F. W. Sigel)	144
Ungelöste Venus-Rätsel (Nach Prof. D. Martynow)	145
Die Struktur der Mondoberfläche (Nach A. Winogradow und J. Surkow)	146
Röntgenfotos von der Sonne	147

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

50 Jahre Große Sozialistische Oktoberrevolution — 10 Jahre aktive Raumfahrt · Horst Hoffmann	148
Meilenstein der Raumfahrt · Zum Tode Oberst Komarows	156
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt im Jahre 1966 · Karl-Heinz Neumann	158
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt im ersten Halbjahr 1967 · Karl-Heinz Neumann	165
Die Beobachtungsstation „Junge Welt“ beim Pfingsttreffen der Freien Deutschen Jugend in Karl-Marx-Stadt	170
Brief des Clubs Junger Kosmonauten „German Titow“ in Leipzig an den Chefredakteur	171
Dieses Doppelheft hat 76 statt 64 Seiten Umfang. Heft 6/1967 wird deshalb nur 24 Seiten Umfang haben!	

Herausgeber: Deutscher Kulturbund, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Deutscher Astronautischer Gesellschaft. Redaktion: Herbert Pfafe, 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. Imprimatur dieses Heftes: A. Hockauf
Redaktion: 102 Berlin 2, Liebknechtstr. 31, Fernsprecher: 51 53 84/85. „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

Astronomische Forschungen in der Sowjetunion

Prof. Dr. J. HOPPE

Die zielgerichtete Förderung, die in der Sowjetunion vor allem die Naturwissenschaften erfahren, trägt ihre Früchte auch auf dem weiten Felde der astronomischen Forschung. Diese Förderung wird nicht nur deshalb durchgeführt, weil astronomische Kenntnisse in vieler Hinsicht für die Planung und Durchführung der astronautischen Vorhaben notwendig sind, sondern weil Forschungsergebnisse im Bereich der Astronomie und vor allem der Astrophysik unser Wissen um die Grundlagen unserer Naturerkenntnis bereichern und weil die Erweiterung des astronomischen Weltbildes zugleich das menschliche Bewußtsein hebt und die Gewißheit gibt, daß die materielle Welt, wo sie sich uns auch darbietet, mit den naturwissenschaftlichen Methoden grundsätzlich erforschbar ist.

Der besonderen, weltanschaulichen Auswirkung astronomischer Erkenntnisse ist dadurch Rechnung getragen, daß man schon sehr frühzeitig in den Mittel- und Oberschulen Astronomie als Pflichtfach einführte, was seit einigen Jahren auch in den Schulen der Deutschen Demokratischen Republik der Fall ist.

Die beachtlichen Mittel, die der Astronomie in der Sowjetunion zur Verfügung stehen, haben bewirkt, daß praktisch auf allen Teilgebieten der astronomisch-astrophysikalischen Forschung von zahlreichen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerkollektiven Arbeiten erfolgreich durchgeführt werden können, die internationale Anerkennung genießen. Etwa 200 sowjetische Gelehrte sind Mitglieder in den rund 50 Kommissionen der Internationalen Astronomischen Union (IAU).

Es ist im Rahmen eines Aufsatzes unmöglich, auf die vielen neuen Erkenntnisse einzugehen, die in den Arbeiten sowjetischer Astronomen alljährlich veröffentlicht werden. Vielmehr sollen nur einzelne Probleme dargestellt werden, deren Bearbeitung heute international im Vordergrund steht und an denen sowjetische Astronomen und Astrophysiker führend beteiligt sind.

Eines der Kernprobleme der modernen Astronomie ist die Frage nach der Entstehung und Entwicklung der Weltkörper im weitesten Sinne des Wortes, also der Sterne und der in ihrem Gefolge befindlichen planetarischen Körper, aber auch der Milliarden von Sternen umfassenden Sternsysteme.

Obwohl der Entwicklungsgedanke im Bereich der Astronomie bereits in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in Gestalt der verschiedenen Kosmogonien unseres Planetensystems bodenständig wurde, hat es doch fast zweihundert Jahre gedauert, bis Vorstellungen entwickelt werden konnten, die auch in Einzelheiten aus den Naturgesetzen heraus verständlich sind und im ganzen ein geschlossenes Bild liefern.

Der Grund hierfür ist ein doppelter: der Prozeß der Entstehung und Entwicklung der kosmischen Objekte wie Sterne und Sternsysteme verläuft so unvorstellbar langsam, daß eine zeitliche Folge einander ablösender Zustände unmittelbar nicht beobachtet werden kann; weiterhin sind die miteinander verflochtenen Vorgänge, wenn man alle wesentlichen Faktoren berücksichtigen will, derart kompliziert, daß bis vor wenigen Jahren eine erfolgreiche rechnerische Verfolgung dieser Vorgänge aussichtslos erschien. Man war deshalb gezwungen, nach indirekten Kriterien für die Entstehung und Entwicklung der Sterne zu suchen.

In diesem Zusammenhang ist dem sowjetischen Astrophysiker W. A. Ambarzumjan im Jahre 1950 eine Entdeckung gelungen, auf Grund deren man nicht nur feststellen konnte, daß der Prozeß der Sternentstehung in unserem Milchstraßensystem heute noch abläuft, sondern zugleich erkannte, daß die Sterne in größeren oder kleineren Ansammlungen offenbar praktisch gleichzeitig sich bilden und infolge der sich bei der Entstehung abspielenden physikalischen Vorgänge Impulse erhalten, die zu einem Auseinanderstreben der einzelnen Objekte führen.

Es handelt sich um die sogenannten Assoziationen, worunter man Gruppen an der Sternsphäre nahe beieinander stehender Sterne versteht. Die Sterne dieser Gruppen sind aber nicht nur perspektivisch nahe beieinander, wie dies bei den sogenannten optischen Doppelsternen der Fall ist, sondern sie bilden auch räumlich eine zusammengehörende Gruppe.

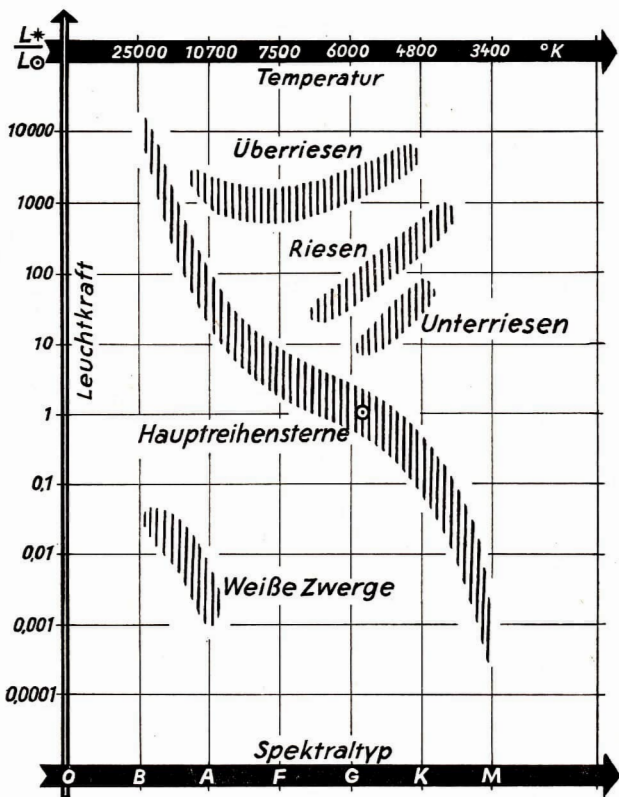
Was hier in Kürze gesagt wurde, hat Ambarzumjan durch kritische Überlegungen aus dem bekannten Beobachtungsmaterial herausgeschält. So war bekannt, daß es unter den physisch veränderlichen Sternen, deren Anzahl in die Zehntausende geht, einige Dutzend Variable eines bestimmten Typs gibt, der durch den Stern T im Sternbild Stier dargestellt wird. Man nennt sie deshalb T-Tauri-Veränderliche, bezeichnet sie aber heute nach einem typischen Vertreter im Sternbild Fuhrmann (Auriga) meist als RW Aurigae-Sterne.

Ambarzumjan stellte nun bei der Untersuchung über die Anordnung der Sterne dieses Typs fest, daß bei ihnen keine gleichförmige Verteilung über die Sternsphäre vorliegt, sondern stets nur Gruppen nahe benachbarter Sterne auftreten. Gäbe es nur eine einzige Gruppe dieser Art, so könnte dies allenfalls als eine zufällige Anordnung gedeutet werden. Bei der tatsächlich vorhandenen Anzahl dieser Assoziationen kann man nur den Schluß ziehen, daß es sich hier um räumliche Gruppen handelt. Da man aber aus den Bewegungsgesetzen der Sterne im Milchstraßensystem weiß, daß sich Gruppen geringer Dichte rasch im allgemeinen Sternfeld zerstreuen, so müssen die Assoziationen vor kosmisch kurzer Zeit entstanden sein, ihre Mitglieder also sehr junge Sterne sein.

Diese Sterne gehören den Spektraltypen G, K und M an und befinden sich im Hertzsprung-Russel-Diagramm (Abb. S. 99) auf der Hauptreihe. Es zeigt, in welchem starkem Fluß sich unsere Vorstellung von der Kosmogonie der Sterne befindet, wenn man bedenkt, daß Sterne auf diesem Ast der Hauptreihe noch vor 30 Jahren als „späte“ Typen bezeichnet wurden. Heute wissen wir dagegen, daß sich unter ihnen neben älteren auch sehr junge Sterne befinden und die Hauptreihe überhaupt die erste Station im Werden- und Entwicklungsgang der Sterne darstellt, auf der sich die meisten Sterne die längste Zeit ihres leuchtenden Daseins aufhalten.

Die Tatsache, daß es meist im Bereich oder zumindest in der Nähe der T-Assoziationen Sterne gibt, in deren Spektren die gleichen typischen Merkmale — nämlich helle Linien — auftreten, wie in den Spektren der T-Tauri-Sterne, die aber keine veränderliche Helligkeit zeigen, läßt die kosmogonische Deutung zu, daß es sich hier um zeitlich nahe benachbarte Entwicklungszustände handelt. Bei den einen hat sich nach Einsetzen der zentralen Kernprozesse das innere Gleichgewicht bereits eingestellt, bei den Veränderlichen jedoch noch nicht.

Ähnliche räumliche Gruppen gibt es auch bei den heißen Überriesen der Spektraltypen O und B. Interessant wurde diese Erkenntnis erst, als man herausfand, daß diese heißen und jungen Überriesen sich auch innerhalb und in der Umgebung einiger galaktischer Sternhaufen aufhalten. Hierbei bilden diese „offenen“ Sternhaufen als deutlich erkennbare Konzentrationen die eigentlichen Kerne dieser O-Assoziationen.



Das Hertzsprung-Russell-Diagramm

zeigt, in welchem starkem Fluß sich unsere Vorstellung von der Kosmogonie der Sterne befindet. In der Hauptreihe, der ersten Station im Werden- und Entwicklungsgang der Sterne, halten sich die meisten die längste Zeit ihres leuchtenden Daseins auf.

Eine Bestätigung dieser Auffassung Ambarzumjans ergibt sich aus folgendem Sachverhalt:

Die aus heißen und folglich absolut sehr hellen Sternen bestehenden O-Assoziationen nehmen einen 80 -bis 400fachen Raum gegenüber dem zentralen Haufen ein. Innerhalb unserer Milchstraße gehen diese hellen, aber meist in beträchtlicher Entfernung stehenden O- und B-Sterne im Anblick gegenüber den zahlreichen schwächeren, aber näher stehenden und deshalb scheinbar etwa gleichhellen Feldsternen unter. In den benachbarten Sternsystemen aber sollten die O-Assoziationen deutlich hervortreten, da hier infolge des nahezu gleichen Abstandes aller Sterne des Systems die absolut hellsten auch scheinbar die hellsten sein müssen. Dies konnte aus den Beobachtungen durchaus bestätigt werden. Als Beispiel sei erwähnt, daß sich in der etwa 65 000 Parsec (pc) entfernten große Magellanschen Wolke, dem uns nächsten und zu unserer lokalen Gruppe gehörenden Sternsystem, nicht nur eine große Anzahl offener Sternhaufen befindet, sondern etwa ein reichliches Dutzend der übergroßen Assoziationen, die Durchmesser besitzen, die über jene der offenen Haufen (3 bis 15 pc), ja selbst der Kugelsternhaufen (20 bis 100 pc) hinausgehen.

Für die O-Assoziationen gilt hinsichtlich des Alters dasselbe wie für die T-Assoziationen: es handelt sich bei ihnen um außergewöhnlich junge Sterne. Beide Tatsachen legen den Schluß nahe, daß mindestens ein Teil der Sterne in Gruppen entstanden ist und noch entsteht.

Über den eigentlichen Prozeß der Sternentstehung weiß man auch heute noch sehr wenig. Zunächst wurde allgemein angenommen, daß sich verdichtete Massen der interstellaren Materie unter dem Zwange der eigenen Anziehungskraft zusammenziehen, sobald sie den dazu erforderlichen kritischen Wert der Dichte erreicht haben. Mit zunehmender Kontraktion zerfallen dann die großen Massen in kleinere Gasbälle und bilden schließlich eine Sterngruppe, wie wir sie in den Assoziationen kennen gelernt haben. Die Entstehung von Einzelsternen scheint auch möglich zu sein, dürfte jedoch nur für Sterne großer Massen vorkommen. Ist im weiten Felde der interstellaren Materie ein solcher heißer Riesenstern entstanden, dann wird in seiner Nähe die Bildung weiterer Sterne möglich.

Neuere Einsichten — auch hier sind wiederum sowjetische Wissenschaftler maßgeblich beteiligt — scheinen noch einen grundsätzlich anderen Weg der Sternentstehung zu erkennen. Es handelt sich um Vorstellungen, die an Entdeckungen anknüpfen, die an den Kernen der Galaxien gemacht wurden. Hier sprechen viele Anzeichen dafür, daß in den zentralen Bereichen der Sternsysteme Verhältnisse angetroffen werden, die heute noch wenig erforscht sind, aber Möglichkeiten eröffnen, den Prozeß der Entstehung von Galaxien und auch von Einzelsternen in umgekehrter Richtung ablaufend zu verstehen; nicht wie bisher angenommen, aus diffuser Materie durch Kontraktion zu verdichteten Sternen und Sternensystemen, sondern aus überdichten materiellen Zusammenballungen durch Explosion — also überaus heftige Expansionen — zu den verschiedenen Weltkörpern.

Derartige Prozesse lassen sich mathematisch nur beschreiben, wenn man sich der relativistischen Physik bedient. Ambarzumjan verweist in diesem Zusammenhang auf Vorstellungen, die P. Jordan in den vierziger Jahren entwickelt hatte, nach denen Sterne aus derart überdichten Bereichen des Weltraumes unmittelbar ins Dasein treten. Hier ist auch die Arbeit W. G. Nowikows, eines jungen sowjetischen Astrophysikers aus dem Jahre 1965 hervorzuheben, der aus dem kosmologischen Modell einer expandierenden Welt nach Fridmann die Entstehung einer Galaxis wahrscheinlich machen konnte.

Es wäre aber verfrüht, über diese neuesten und revolutionären wissenschaftlichen Ideen hier zu berichten, da noch vieles im Fluß ist. In einigen Jahren werden

diese Arbeiten zu Ergebnissen geführt haben, die einer allgemeinen Darlegung zugänglich sein werden.

Es ist eingangs gesagt worden, daß die sowjetischen Astronomen auf fast allen Gebieten der Weltallforschung erfolgreich tätig sind. In Anbetracht der großen weltanschaulichen Bedeutung der kosmogonischen Arbeiten, die auch auf den Fernerstehenden einen besonderen Reiz ausüben, wurden diese Fragen sehr ausführlich dargelegt. Es soll aber nun abschließend wenigstens noch ein kurzer Überblick über die anderen Gebiete der astronomischen Forschung gegeben werden.

Bleiben wir gleich noch bei unserem Sternsystem, so sind die Arbeiten des leider schon verstorbenen Wissenschaftlers P. P. Parenago zum Aufbau der Galaxis zu erwähnen. Es handelt sich hier um Untersuchungen über das Gravitationspotential der Milchstraße, das von der räumlichen Verteilung der Sternmassen abhängt. Bemerkenswert sind weiter die im Bereiche der infraroten Strahlung durchgeführten Untersuchungen W. I. Krassowskis und W. B. Nikonows über das Zentrum des Milchstraßensystems. Dieses sternreiche, zentrale Untersystem unserer Milchstraße kann wegen der dichten Dunkelwolken, die vorgelagert sind, mit Hilfe der gewöhnlichen Blauphotographie nicht erfaßt werden. Die bekannte dunstdurchdringende Fähigkeit der Infrarot-Emulsionen hat hier einen tiefen Einbruch in das Zentrum der Milchstraße ermöglicht.

Galaktische Nebel wurden von G. A. Schain und W. A. Woronzow-Weljaminow untersucht. Hierbei war es besonders die Frage der Bildung der planetarischen Nebel und die Beziehung zwischen den galaktischen Nebeln und der interstellaren Materie, deren Masse durch den von den heißen Riesensternen und von Novae sowie Supernovae fließenden Materiestrom vermehrt wird.

Einen breiten Raum nehmen auch die sowjetischen Arbeiten über unsere Sonne ein, dem uns nächsten Stern. Es sind hier Forscher wie I. S. Schklowski und S. B. Pickelner zu nennen. Über Fragen des Aufbaus und der Entwicklung der Sterne erscheinen immer wieder Arbeiten von A. G. Massewitsch. Die Untersuchungen im Bereich des Planetensystems werden besonders in letzter Zeit in erhöhtem Maße gepflegt, gewissermaßen als Ergänzung der astronautischen Forschungsprojekte an der Magnetosphäre der Erde, am Mond und an der Venus durch die dorthin gesandten Raumschiffe, um nur das Wichtigste zu nennen. Bekannt sind Arbeiten von W. G. Fessenkow über die Natur und den inneren Aufbau der großen Planeten und des Zodiakallichtes, letzteres im Zusammenhang mit dem Verhalten der irdischen Exosphäre. Mit den Kleinkörpern im Planetensystem, den Kometen und Meteoriten beschäftigten sich Arbeiten von E. L. Krinow und L. G. Kwascha und über die Physik der Meteore hat B. J. Lewin zahlreiche Untersuchungen veröffentlicht.

Nicht vergessen sei der internationale Ruf der sowjetischen Positionsastronomie, die in Pulkowo bei Leningrad, in Charkow und Odessa gepflegt wird. Erinnt sei auch an das Institut für theoretische Astronomie in Leningrad, in dem die gerade heute wieder durch die astronautischen Weltraum-Experimente anfallenden modernen Probleme der Himmelsmechanik bearbeitet werden, ganz zu schweigen von der wenig beachteten, aber dennoch äußerst notwendigen Arbeit der Herausgabe der astronomischen Jahrbücher, des Katalogs der Elemente der veränderlichen Sterne und des Katalogs der Bahnelemente der kleinen Planeten.

Es ist wahrlich ein weites Feld, das wir jetzt durchstreift haben. Dieser Streifzug konnte kaum eine Würdigung all dieser Leistungen sein; es war nicht viel mehr als eine Aufzählung der wissenschaftlichen Arbeiten der sowjetischen Astronomen, die auf diese Weise ihren Anteil zur Stärkung des Ansehens der Sowjetunion beigetragen haben.

Von der Evolution der Galaxien

Prof. W. A. AMBARZUMJAN

Bekanntlich ist die Hauptmasse der Materie unseres Milchstraßensystems wie auch jeder beliebigen anderen Galaxis in den Sternen konzentriert. So besteht unser Milchstraßensystem aus über 100 Milliarden Sternen, und der Spiralnebel M 31 im Sternbild der Andromeda enthält mehr als 400 Milliarden Sterne.

Neben sehr großen Galaxien begegnen wir aber auch solchen von mittleren Ausmaßen, die nur aus einigen Hundert Millionen oder einigen Milliarden Sternen bestehen. Noch häufiger im Raum sind Zwerggalaxien, die einige Millionen Sterne enthalten, während Überriesengalaxien seltener auftreten.

Die überwiegende Mehrheit aller im Weltall existierenden Sterne ist in diesen Überriesengalaxien oder, wie wir sagen, in den Galaxien höchster Leuchtkraft konzentriert.

Um die Bedeutung dieser Tatsache noch klarer hervorzuheben, müssen wir daran erinnern, daß die Galaxien im Weltall in Haufen und Gruppen anzutreffen sind, wie z. B. die zahlreichen Haufengalaxien in der Jungfrau und im Haar der Berenike. Als Beispiel für die an Mitgliedern armen Gruppen von Galaxien möge die lokale Galaxisgruppe dienen, zu der auch unser Milchstraßensystem gehört, sowie die Galaxis in der Andromeda und die Galaxisgruppe um den Spiralnebel M 31. Jede dieser armen Gruppen besteht aus zehn oder zwanzig Galaxien. Gewöhnlich sind eine oder zwei Galaxien besonders leuchtstark, und ihre Masse übersteigt beträchtlich die Summe der Massen aller übrigen Mitglieder der Gruppe. Analog dazu enthalten die reichen Galaxishaufen einige Überriesen, deren Gesamtmasse die Summe der Massen aller übrigen nach Hunderten zählenden schwächeren Galaxien übertrifft.

In den Haufengalaxien, in deren Bestand sie gehören, spielen die Überriesengalaxien also eine wichtige Rolle. Wenn wir Ursprung und Entwicklung der Haufengalaxien erforschen, sollten wir vor allem die Fragen der Evolution der Überriesengalaxien zu verstehen suchen. Das Auftreten aller anderen schwächeren Mitglieder der Haufen stellt nur einen sekundären Faktor, eine Begleiterscheinung in der Evolution der Überriesengalaxien dar.

In dieser Beziehung ähnelt die Situation im Weltraum jener in unserem Sonnensystem, wo der Hauptteil der Masse ebenfalls in einem Körper, der Sonne, konzentriert ist. Die Frage nach dem Ursprung des Sonnensystems ist also eng mit dem Problem des Ursprungs und der Evolution der Sonne, der Sterne und der Galaxien verbunden.

Was stellen nun diese Überriesengalaxien dar? Es zeigt sich, daß ihr Aufbau recht unterschiedlich sein kann, obwohl sie fast eine regelmäßige Form haben. Unter den Galaxien geringerer Leuchtkraft dagegen begegnen wir sehr oft Objekten mit unregelmäßigen Formen, die man als irreguläre Galaxien bezeichnet.

Die meisten Überriesengalaxien sind entweder sphärisch, sphäroidisch oder linsenförmig. Man findet auch Galaxien mit spiralförmiger Struktur, zum Beispiel den schon erwähnten Spiralnebel M 31.

Eine Besonderheit der Überriesengalaxien ist ihr Kern, das heißt, eine kernartige Verdichtung von geringen Ausmaßen, die jedoch eine hohe Konzentration von

Sternen aufweist. In manchen Kernen übertrifft die räumliche Dichte der Sterne die mittlere Sterndichte im übrigen Volumen der betreffenden Galaxien um ein Mehrtausendfaches. Trotzdem besitzt der Kern bei der Mehrzahl der Überriesengalaxien nur einen geringen Teil der Leuchtkraft der gesamten Galaxis. Die Leuchtkraft des Kerns liegt im allgemeinen unter ein Prozent. Viele Galaxien mit niedriger Leuchtkraft haben keinen Kern.

Noch vor kurzem nahm man an, der Kern sei ein gewöhnliches Sternsystem aus Sternen und einer geringen Menge von Gasen. Vom dynamischen Standpunkt kann ein solches System autonom innerhalb der Galaxis existieren, ähnlich dem Dotter im Ei. Die Bewegung der Sterne im Kern wird durch die Kräfte bestimmt, die im Kern entstehen. Wesentlich ist, daß die Ausmaße der Kerne im Verhältnis zur umgebenden Galaxis meist gering sind. So hat der Kern des Spiralnebels M 31 nach einer Messung des deutschen Astronomen Baade einen Durchmesser von etwa 15 Lichtjahren, während der Gesamtdurchmesser dieser Galaxis fast 150 000 Lichtjahre beträgt.

Im Jahre 1953 zeigten Baade und Minkowski, daß einige von den mit Hilfe von Radioteleskopen am Himmel beobachteten diskreten Radioquellen mit den optischen Beobachtungen von Galaxien zusammenfallen. Galaxien, die eine relativ starke Radiostrahlung aussenden, werden Radiogalaxien genannt.

Die Beobachtungen ergaben, daß die von den Radiogalaxien ausgesandte Strahlung von ein oder zwei großen Wolken hoher Energie stammt. Diese Wolken bestehen aus relativistischen Elektronen und befinden sich in der optischen Galaxis oder in ihrer Nachbarschaft.

Mit der Entdeckung der Radiogalaxien wurde auch eine Theorie zu ihrer Erklärung aufgestellt. Danach ist jede Radiogalaxis das Ergebnis eines Zusammenstoßes zweier gewöhnlicher Galaxien. Die Radiostrahlung wird als Resultat komplizierter physikalischer Prozesse erklärt, die beim Zusammenstoß zweier Galaxien ablaufen.

Rechnungen bestätigten indes, daß Wolken hochenergetischer Teilchen sehr schnell ihre Energie abstrahlen und an Strahlungsenergie einbüßen. Diese Wolken konnten also nicht älter werden als eine oder mehrere Millionen Jahre, ein Zeitraum, der im Vergleich zur Lebensdauer einer Galaxis sehr kurz ist. Demnach müßte der Zustand der Radiogalaxis nur eine kurze Etappe im Leben einer Galaxis sein. Andererseits besitzen die Radiogalaxien sehr hohe optische Leuchtkraft. Um ihre Häufigkeit zu erklären, müßte man annehmen, daß alle Überriesengalaxien diese Phase, möglicherweise sogar mehrmals, durchlaufen.

Woher stammen nun die Wolken hochenergetischer Teilchen in den Radiogalaxien? Sie können nicht das Resultat der Aktivität irgendeines Sternes sein, weil einzelne Sterne nicht soviel Energie besitzen. Dieses Argument und noch viele andere Faktoren zwingen uns zu einer neuen Hypothese, wonach die Wolken relativistischer Elektronen infolge einer Explosion aus dem Kern der Galaxis herausgeschleudert wurden. Im Kern jeder Radiogalaxis muß vor kurzer Zeit eine Explosion erfolgt sein, bei der eine große Menge Energie von rund 10^{58} oder sogar 10^{60} erg freigesetzt wurde. In der Folge wurden uns noch viele andere Erscheinungen bekannt. Sie bezogen sich auf Radiogalaxien wie auch auf andere Typen von Galaxien und bestätigten die Vorstellungen von der im Kern der Galaxis erfolgenden Explosion. Die Hypothese der Explosion im Kern wird deshalb heute allgemein anerkannt.

Ist nun die Umwandlung einer Galaxis in eine Radiogalaxis die einzige mögliche Folge einer Explosion in ihrem Kern? Nein, es gibt Explosionen, die zu ganz anderen Wandlungen im Kern einer Galaxis führen können.

Bereits im Jahre 1958 lenkten wir das Augenmerk auf die eigentümliche Galaxis M 82, die sich in einer der Nachbargruppen der Galaxis M 81 befindet und mit dieser in Verbindung steht. Wir konnten Beweise erbringen, die dafür sprechen, daß die Galaxis M 82 ein Sternsystem ist.

In den letzten Jahren erforschten die amerikanischen Astronomen Sandage und Linds diese Galaxis genauer und entdeckten in ihr ein großes System von Gasfasern. Diese entfernen sich vom Kern der Galaxis rascher als mit Entweichgeschwindigkeit. Im Spektrum der Fasern wurden Wasserstofflinien entdeckt, die durch den Dopplereffekt relativ zur Normallage verschoben sind. Es besteht kein Zweifel, daß diese Gase aus dem Zentrum der Galaxis M 82, möglicherweise infolge einer Explosion, vor etwa anderthalb Millionen Jahren ausgestoßen wurden.

Bekanntlich enthalten viele Galaxien eine beträchtliche Menge Gase. So besteht unsere Galaxis vermutlich zu 2 bis 3 Prozent aus interstellaren Gaswolken. Bei der Überriesengalaxis M 31 beträgt die Gaskomponente 1 bis 2 Prozent. Die Entdeckung, daß die bei der Galaxis M 82 beobachteten Gasmassen aus dem Zentralkern ausgestoßen wurden, zwingt uns, die Frage nach dem Ursprung der Gasbestandteile jeder Galaxis in neuem Lichte zu betrachten.

Inzwischen ist es auch einer holländischen Gruppe von Astronomen unter Leitung von Professor Oort gelungen, im inneren Teil unserer Galaxis eine systematische zentrifugale Bewegung neutralen Wasserstoffs zu beobachten. Ihre Geschwindigkeit beträgt hier hundert Kilometer je Sekunde. Es ist nicht anzunehmen, daß eine Explosion stattgefunden hat. Vermutlich erfolgt dieses Ausströmen von Gasen systematisch aus dem Kern.

Die gleiche Erscheinung des Ausströmens von Gasen aus dem Zentrum wurde auch bei der Galaxis M 31 beobachtet. Man kann deshalb die allgemeine Schlußfolgerung kaum umgehen, daß in jeder Galaxis die Gaskomponente, das heißt die Gesamtheit der Gaswolken, aus Materie besteht, die aus dem Kern ausgestoßen wurde. Dabei fanden in einigen Fällen Explosionen statt, in anderen erfolgt das Ausströmen der Materie stetig.

Wir erinnern an eine Besonderheit in der Struktur der Galaxien, insbesondere unserer Galaxis. Diese Besonderheit wurde in den Arbeiten von Bottlinger, Lindblad, Kukurkin und Baade festgestellt. Sie besteht darin, daß jede Galaxis als Summe einander durchdringender Untersysteme dargestellt werden kann, wobei die physikalische Natur der Anordnung der Sterne des einen Untersystems oft ganz anders sein kann als die räumliche Verteilung der Sterne in einem anderen Untersystem. So kann die Sternpopulation unserer Galaxis, grob gesagt, in die Population der Spiralarme, die Population eines Diskus und die eines sphärischen Halo geteilt werden. Nach heutigen Erkenntnissen erfolgt die Entwicklung eines jeden dieser einmal entstandenen Untersysteme nach den Gesetzen der Sterndynamik unabhängig voneinander. Bekanntlich sind die in den Spiralarmen angeordneten Sterne wesentlich kleiner als die in sphärischen Halo.

Wir nehmen heute sogar an, daß sich die genannten Untersysteme nicht nur unabhängig von einander entwickeln, sondern daß auch ihre Entstehung unabhängig voneinander erfolgt.

Wie entstehen die Untersysteme?

Betrachten wir zunächst die Frage nach dem Ursprung der Spiralarme. Sie enthalten in der Hauptsache zwei Komponenten: kleine Sterne, die zu Sternassoziationen und Sternhaufen gehören, und Gase. Unsere soeben gezogene Schlußfolgerung, wonach die Gasbestandteile der Galaxis aus Materie entstanden sein müssen, die aus dem Kern ausgestoßen worden ist, legt uns nun die Vermutung nahe, daß die Sternpopulation der Spiralarme aus dieser Materie entstanden ist.

Die Mehrzahl der Astrophysiker nimmt an, daß die kleinen Sterne der Sternassoziationen direkt aus den Gaswolken in den Spiralarmen entstehen. Ich persönlich glaube nicht, daß der evolutionäre Zusammenhang zwischen den Sternassoziationen und den Gasbestandteilen der Spiralarme so einfach ist. Zweifellos besteht jedoch zwischen den Sternen und der Gaskomponente der spiralig angeordneten Sternwolken ein genetischer Zusammenhang. Deshalb ist die Schlußfolgerung, daß auch die Sternpopulation der Spiralarme aus Materie entstand, die aus dem Kern ausgestoßen wurde, unwiderlegbar.

Gehen wir zur Frage nach der Population eines sphärischen Halo über. Die Objekte, die zu dieser Population gehören, bewegen sich auf langgestreckten Bahnen, die sehr nahe an den Kern der Galaxis herankommen. In unserer Galaxis bewegt sich beispielsweise jeder der kugelförmigen Sternhaufen als Ganzes auf solchen Bahnen. Genauso müssen jedoch auch die Bahnen von Körpern verlaufen, die aus dem Kern der Galaxis herausgeschleudert wurden. Es ist also kaum daran zu zweifeln, daß auch die Sternpopulation des sphärischen Halo irgendwann aus dem Kern unserer Galaxis ausgestoßen wurde.

Eigentümliche Untersysteme bilden schließlich auch die Wolken hochenergetischer Teilchen (relativistisches Plasma), die, wie wir schon sagten, als Ergebnis einer Explosion aus dem Kern stammen.

So erhalten wir ein Bild von der Entstehung der verschiedenen Untersysteme jeder Galaxis. Der Galaxiskern schleudert im Laufe der Zeit größere Mengen Materie aus, die je nach dem Charakter des Ausstoßens das eine oder das andere Untersystem bilden, das heißt gasförmige oder Sternuntersysteme.

Der Kern erzeugt also die Galaxis. Nach diesem Standpunkt ist der Kern der grundlegende und entscheidende Faktor in der Entwicklung der Galaxis. Demnach müßte in irgendeiner Anfangsetappe der Entwicklung der Galaxis nur ein Kern existiert haben.

Die Natur des Kerns

Bis in die jüngste Zeit war man überzeugt, der Kern jeder Galaxis bestehe ausschließlich aus Sternen. Die Spektren der Kerne zeigten in der Mehrzahl der Fälle davon, daß sich die Natur der Sterne des Kerns nur wenig von der Natur der Sterne unterscheidet, die zum Gebiet um den Kern gehören. Sind nun die Sterne die einzigen Bestandteile des Kerns, oder gibt es im Kern noch andere, unbekannte Objekte?

In diesem Zusammenhang erinnern wir an die Arbeit von Seyfert, die 1942 erschien. Er richtete sein Augenmerk darauf, daß einige, allerdings selten vorkommende Galaxien verhältnismäßig helle Kerne haben.

In den Spektren dieser Kerne wurden breite Emissionsbanden beobachtet, die nicht von der Strahlung der Sterne herrühren können. Neben Sternen enthält der Kern noch riesige Gaswolken, die sich mit großen Geschwindigkeiten bewegen. Die Gesamtheit der Wolken mit ihren unterschiedlichen Radialgeschwindigkeiten erzeugt eine Verbreiterung der Emissionslinien. Die Geschwindigkeiten der Wolken relativ zum Schwerpunkt des Kerns erreichten bisweilen mehrere Tausend Kilometer in der Sekunde. Sie können also nicht im Kern bleiben, sondern müssen ihn verlassen. Die Zeit, die eine Wolke zum Verlassen des Kerns benötigt, muß etwa 10^4 oder 10^5 Jahre betragen. Das ist, kosmisch gerechnet, ein sehr kurzer Zeitraum. Vermutlich entstehen diese Wolken fortwährend im Kern und werden danach aus ihm ausgestoßen. Ihre Masse beträgt größenordnungsmäßig Hunderte und sogar Tausende Sonnenmassen, sie kann unmöglich von einem einzigen Stern ausgestoßen worden sein. Es bleibt nur die Annahme, daß in diesen Kernen irgendwelche an-

deren Faktoren wirken, die das Auftreten dieser Wolken hervorrufen. In den Kernen der Galaxien muß es sehr massige Körper geben, die keine Sterne sind und die während ihrer Aktivität Wolken gasförmiger Materie mit großen Geschwindigkeiten ausstoßen können.

Sterndynamische Überlegungen zeigen, daß in jedem Kern nur ein einziger solcher Körper mit Supermasse vorhanden sein kann. Ihm ist eine sehr große Masse von größenordnungsmäßig 10^7 Sonnenmassen oder mehr zuzuschreiben.

Somit besteht der Kern aus drei Komponenten: den Sternen, den gasförmigen Bestandteilen und dem supermassigen Nichtsternkörper.

Da in den Kernen der Galaxien Explosionen stattfinden, bei denen große Mengen Energie freigesetzt und große Mengen Materie herausgeschleudert werden, die manchmal Millionen Sonnenmassen nahekommen, liegt die Vermutung nahe, daß diese Explosionsprozesse Äußerungen der Aktivität der in den Kernen eingeschlossenen Nichtsternkörper sind.

Da die Aktivität der Kerne durch die Aktivität dieser Nichtsternkörper bestimmt wird, sind drei Zustände der Kerne und dieser Körper als möglich anzunehmen:

Der normale Ruhezustand, wo beim Nichtsternkörper nur schwache stetige Materieauswürfe vorkommen können.

Der angeregte Zustand, in dem sich die Kerne der Seyfertischen Galaxien befinden. In diesem Zustand werden aus dem massigen Nichtsternkörper Gaswolken herausgeschleudert, von denen jede 10^3 oder 10^4 Sonnenmassen enthält.

Der Explosionszustand, in dem sich seit verhältnismäßig kurzer Zeit die jetzt beobachtbaren Radiogalaxien und auch die Galaxien vom Typ M 82 befinden.

Die kompakten Galaxien

Die Vorstellungen über die Evolution der Galaxien führten zu dem Schluß, das Anfangsstadium der Entwicklung müsse ein isolierter Kern sein, ohne die den Kern umgebende Hauptpopulation der Galaxis.

In der Tat hat Zwicky vom Kalifornischen Technologischen Institut in den letzten Jahren einige Hundert Objekte entdeckt, die er kompakte Galaxien nannte. Viele von ihnen bestehen im wesentlichen nur aus einem Kern. Einige zeigen im Spektrum Emissionslinien, die auf einen angeregten Zustand hinweisen. Andere haben im Spektrum nur Absorptionslinien, die andeuten, daß der Nichtsternkörper im Kerninneren augenblicklich verhältnismäßig passiv ist.

Verwandeln sich alle kompakten Galaxien später in gewöhnliche Galaxien? Diese Frage ist heute schwer zu beantworten. Aber auf jeden Fall bestätigt die Existenz der kompakten Galaxien die Vorstellungen über den Kern als System mit selbständiger Aktivität.

Quasistellare Radioquellen

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die 1963 entdeckten quasistellaren Quellen der Radiostrahlung, die man auf der Fotografie nicht von Sternen unterscheiden kann. Nur die sehr große Rotverschiebung der Linien in den Spektren dieser Quellen weist auf ihren riesigen Abstand hin, der in der Regel Milliarden Lichtjahre beträgt.

Die optische Leuchtkraft dieser „Quasars“, wie man sie kurz nennt, ist zehnfach und manchmal sogar hundertmal so groß wie die optische Leuchtkraft aller bisher bekannten Riesen- und Überriesengalaxien. Die beobachtete Veränderlichkeit der Helligkeit läßt vermuten, daß die Hauptquellen der Leuchtkraft dieser Objekte

Körper sind, deren Durchmesser weniger als ein Parsec, das sind 3,26 Lichtjahre oder 30,86 Billionen Kilometer, und sogar weniger als ein Lichtjahr beträgt. In diesem Fall beobachten wir unmittelbar das Leuchten der Nichtsternkörper. Lediglich die große Leuchtkraft solcher Objekte weist darauf hin, daß sich der Nichtsternkörper im Zustand der Explosion befindet, und die Existenz von breiten Emissionslinien spricht geradezu dafür, daß zum Zeitpunkt der Explosion riesige Mengen von Gasmaterie, die bis zu 10^6 Sonnenmassen betragen, ausgestoßen wurden.

Als dieser Artikel bereits geschrieben war, wurde die Entdeckung quasistellarer Objekte bekannt, die keine merkliche Radiostrahlung aussenden. Sie sind offenbar viel größer als die quasistellaren Radioquellen und sehr weit von uns entfernt. Das Problem der quasistellaren Riesenkörper ist jetzt vom Problem der Radiogalaxien völlig getrennt worden.

Die quasistellaren Radioquellen sollten in der Evolution der Galaxien ihren Platz mehr am Anfang der Entwicklung einnehmen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß wir es mit einem Anfangsprozeß der Entstehung einer neuen Gruppe von Galaxien zu tun haben. Das Studium dieser interessanten Objekte steckt jedoch erst in den Anfängen, und es ist besser, auf ein abschließendes Urteil zu verzichten.

Mit freundlicher Genehmigung des Urania-Verlages Leipzig, auszugsweise entnommen dem 3. Band des Jahrbuches „Wissenschaft und Menschheit“.

Zur Entwicklung extragalaktischer Radioquellen

Dipl.-Astronom FRANK BAIER

Eines der den Astronomen gegenwärtig am stärksten interessierenden Probleme stellt die Erklärung des Entstehungsmechanismus der kosmischen Radiostrahlung dar. Mit Ausnahme einiger Supernovarestes sind die meisten kosmischen Radioquellen „Radiogalaxien“. Darum liegt es nahe, sich in erster Linie auf diese Objekte zu konzentrieren. Die folgenden Zahlen mögen eine Vorstellung von der Größe ihrer Emission geben.

Für normale Radiogalaxien mit einer Masse von ungefähr 10^{11} Sonnenmassen beträgt die optische Emissionsrate etwa 10^{44} erg/sec. Die Radioemission dieser Objekte ist im allgemeinen schwächer, sie beträgt 10^{37} bis 10^{39} erg/sec. Für einige wenige Galaxien, die „starken“ Radiogalaxien, reicht die Radioemissionsrate von 10^{41} bis $10^{44,5}$ erg/sec. Das sind Galaxien mit elliptischen Kernen und ausgedehnten Hüllen.

Seit 1960 ist nun außerdem eine andere Gruppe von Objekten bekannt geworden, die sogenannten quasistellaren Radioquellen. Ihre Radioemission beträgt etwa 10^{46} erg/sec und ihre optische Emission 10^{46} erg/sec, wenn man für sie kosmologische Entfernungen annimmt. Das ist das Hundertfache der gesamten Energieerzeugungsrate für eine Riesengalaxis. Von diesen Objekten zeigen jedoch nicht alle eine nachweisbare Radioemission.

Bisher wurden viele Versuche unternommen, die gewaltigen Emissionsraten der Quasare zu erklären. Eine Lösung des Problems steht aber gegenwärtig noch aus. Von besonderem Interesse scheint ein in letzter Zeit stark beachteter Erklärungsversuch zu sein, gemäß dem quasistellare Radioquellen und normale Radiogalaxien keine grundverschiedenen Objekte sind, sondern nur unterschiedliche zeitliche Entwicklungszustände eines Objektes. In diese Richtung laufen auch die Vorstellungen des sowjetischen Astronomen Kuriltshik, über dessen Arbeiten zu dieser Problematik der vorliegende Artikel berichten soll.

Kuriltshik untersucht die Radiostrahlung der normalen Radiogalaxien und einiger Seyfertgalaxien. Das sind Galaxien mit stark ausgeprägten sogenannten quasistellaren Kernen, die eine starke Aktivität aufweisen. Das optische Spektrum der Seyfertgalaxien enthält breite Emissionslinien und ähnelt dem der quasistellaren Objekte. Sie wurden erstmals von Seyfert untersucht. Bis heute sind neun Objekte dieses Typs bekannt; zwei davon, NGC 1068 und NGC 1275, sind relativ starke Radioquellen.

Die Radiostrahlung der normalen Galaxien ist in der Hauptsache in zwei Wellenlängenbereichen untersucht worden; im Bereich von 85 bis 185 MHz und von 3000 bis 3700 MHz. Kuriltshik nennt folgende Besonderheiten für die Radiostrahlung dieser Objekte: Bei langen Wellen sind die normalen Radiogalaxien meist sehr ausgedehnt; die Winkeldurchmesser der Gebiete der Radiostrahlung übertreffen die optischen Winkeldurchmesser um das 1,5 bis 2fache. Bei kurzen Wellen dagegen sind die Radiodurchmesser sehr klein, und zwar bedeutend kleiner als die optischen Winkeldurchmesser.

Die Radiogalaxien bestehen in der Mehrzahl der Fälle aus zwei Komponenten: einer relativ begrenzten zentralen Quelle der Radiostrahlung und einer ausgedehnten Quelle. Bei kurzen Wellen kommt der Hauptanteil der Radiostrahlung aus den zentralen Gebieten, wodurch der kleine Winkeldurchmesser in diesem Wellenlängenbereich bedingt ist. Dabei variiert die relative Intensität der Radiostrahlung der zentralen und der ausgedehnten Quellen von Objekt zu Objekt in ziemlich großen Grenzen. Dazu seien folgende Beispiele angeführt.

- | | |
|-----------------|---|
| NGC 253 | Die Radiostrahlung kommt aus einem zentralen Gebiet mit kleinem Winkeldurchmesser. |
| NGC 4631 | Diese Quellen haben eine intensive zentrale und eine ziemlich intensive ausgedehnte Quelle. |
| NGC 5194 | |
| NGC 224 (M 31) | Hierbei entsteht die Radiostrahlung in der Hauptsache in der |
| NGC 3031 (M 81) | ausgedehnten Quelle. |

Für das Spektrum der Radioquellen gilt nun im allgemeinen die Darstellung, daß die Dichte des Strahlungsstromes einer Potenz der Frequenz proportional ist.

$$S_{\nu} \sim \nu^{-\alpha}$$

$$\log S_{\nu} = -\alpha \log \nu + \text{const}$$

Dabei ist α der sogenannte Spektralindex. Je größer α ist, desto steiler verläuft das Spektrum einer Radioquelle.

Kuriltshik weist darauf hin, daß die Spektren der Radiostrahlung der zentralen und der ausgedehnten Komponenten sich voneinander unterscheiden. Die Galaxien NGC 253 und NGC 4945, die stark ausgedehnte zentrale Quellen besitzen, weisen im Frequenzbereich von 408 MHz bis 1400 MHz einen Spektralindex von ungefähr $\alpha = 0,6$ bis $0,7$ auf. Für NGC 5236, die auch eine zentrale Quelle hat, wurde ein Spektralindex von $\alpha = 0,9$ gefunden. Das Spektrum dieser Radiogalaxis setzt sich aber aus zwei Komponenten zusammen: der der ausgedehnten und der zentralen Quelle. Für den Spektralindex der zentralen Quelle gilt hier $\alpha = 0,6$. Der hochfrequente Teil des Radospektrums der ausgedehnten Radioquelle hat einen Spektralindex $\alpha = 1,1$.

Die von Kuriltshik angegebenen Spektren der extragalaktischen Radioquellen beweisen, daß diese Aufteilung in zentrale und ausgedehnte Quellen nicht zufällig ist, sondern eine charakteristische Erscheinung für die Radiostrahlung der normalen Galaxien darstellt. Doch nicht alle Galaxien weisen helle zentrale Radioquellen auf; es gibt auch Galaxien, wo die Radiostrahlung in der Hauptsache nur in einer ausgedehnten Quelle entsteht. Dieser letzte Befund weist auf den zeitweiligen Charakter der zentralen Radioquellen hin.

Von besonderem Interesse sind auch die Ausführungen Kuriltshiks zur Frage nach der Struktur der ausgedehnten Radioquellen von Galaxien.

Er geht von der aktiven Phase in den Kernen von Galaxien aus, die von der Erzeugung der relativistischen Teilchen begleitet wird. Sie tritt offenbar in allen Galaxien mit einem Kern und darunter besonders in den frühen Typen (E, SO, Sa) auf. Dabei beobachtet man im letzten Fall kompakte zentrale Radioquellen mit den für sie typischen Spektren ($\alpha = 0,6$).

Wie weiter unten noch ausführlicher beschrieben wird, können mehrere aktive Phasen eines Kerns mit dazwischenliegenden Pausen auftreten. In diesen Pausen wird nun eine nachweisbare Radiostrahlung nur bei Spiralgalaxien beobachtet, was darum offenbar eng mit der Spiralstruktur zusammenhängt.

Das Stadium der ausgedehnten Radioquellen wird bei den frühen Spiraltypen nicht beobachtet. Eine Ausnahme bilden nur solche Radiogalaxien, bei denen die aktiven Prozesse intensiver sind und vom Auswurf großer Gasmassen mit relativistisch bewegten Elektronen begleitet werden, was zur Bildung von ausgedehnten Radioquellen mit Halocharakter führt. Es ist darum wahrscheinlich, daß die Verteilung der Radiohelligkeiten in den Spiralgalaxien eher scheibenförmig als koronaförmig ist.

Das Auftreten einer ziemlich scharfen Knickstelle in den Radospektren der ausgedehnten Radioquellen einer Reihe von Spiralgalaxien weist auf die Homogenität der Magnetfelder in diesen Gebilden hin, und die ziemlich schnelle zeitliche Umwandlung der Radospektren im hochfrequenten Teil auf eine ziemlich große Feldstärke. Das ist aber in den Scheiben der Spiralgalaxien der Fall.

Bei einigen Galaxien, die Koronastruktur aufweisen, konnte in letzter Zeit gezeigt werden, daß auch hier der Hauptteil der kontinuierlichen Radiostrahlung in den scheibenförmigen Gebieten dieser Galaxien entsteht. Auch in unserer Galaxis existiert offenbar keine Radiostrahlung der Korona.

Diese von Kuriltshik angeführten Beobachtungsergebnisse scheinen also sehr stark für eine scheiben- oder haloähnliche Struktur der ausgedehnten Radioquellen in den Galaxien zu sprechen.

Die auffallendsten Merkmale im Spektrum der Radiogalaxien sind also die folgenden:

1. Die zentralen Quellen besitzen einen Spektralindex von ungefähr $\alpha = 0,6$.
2. Die ausgedehnten Quellen besitzen im hochfrequenten Teil ihres Spektrums einen Spektralindex, der sich von dem der zentralen Quellen unterscheidet. Er beträgt ungefähr $\alpha = 1,1$.

Diese Tatsache der Unterschiede zwischen den Spektralindizes von zentraler und ausgedehnter Quelle, aber auch der Umstand, daß bei einer Reihe von ausgedehnten Quellen ein Umschwung im Radiospektrum auftritt, wobei im langwelligen Teil des Spektrums der Spektralindex nahe dem der zentralen Quelle ist, führt Kuriltshik zu der nachstehenden Schlussfolgerung.

Relativistische Elektronen, die für die Radiostrahlung der ausgedehnten Radioquellen als verantwortlich angesehen werden, entstehen durch aktive Prozesse, die sich in den Kernen der Galaxien vollziehen, und fliegen dann aus den Gebieten der zentralen Quellen der Galaxien heraus. Dabei wird angenommen, daß die Radiostrahlung Synchrotronstrahlung ist. Sie wird ausgesandt von den relativistisch bewegten Elektronen, die sich auf Spiralbahnen um die Feldlinien in einem Magnetfeld bewegen und dabei einen Teil ihrer Energie verlieren. Es entsteht ein kontinuierliches Spektrum. Die durch das Magnetfeld bedingte Bremsung der Elektronen ruft eine Abnahme ihrer Energie und somit die beobachtete Umwandlung der Spektren der Radiostrahlung bei hohen Frequenzen hervor.

Für den Charakter des Eindringens der relativistischen Elektronen in die ausgedehnten Gebiete gibt es nach Kuriltshik zwei Möglichkeiten. Man kann zuerst annehmen, daß das Eindringen der relativistischen Teilchen in die ausgedehnten Radioquellen in den Spiralgalaxien sich auf Grund von verhältnismäßig häufigen Explosionen in ihren Kernen vollzieht, wobei die Periode der Wiederholung solcher Explosionen bedeutend kleiner ist als die Lebensdauer der relativistischen Teilchen in den ausgedehnten Gebieten, die in der Hauptsache durch die Energieverluste wegen der Synchrotronstrahlung bestimmt ist. In diesem Fall kann man die Injektion der relativistischen Teilchen in die ausgedehnten Gebiete als quasistetig ansehen.

Kuriltshik findet als plausible Werte, daß sich die Explosionen im Stadium des aktiven Kerns während einer Zeit von ungefähr 2 bis $5 \cdot 10^8$ Jahren vollziehen; danach tritt dann eine Pause ein, die etwa genau so lange dauert. Durch die Explosionen tritt im Kern einer Galaxis ein Massenverlust ein. Nach Kompensation dieses Massenverlustes des Gases im Kern durch die Rückkehr von Teilchen des ausgestoßenen Gases in den Kern oder durch eine Ansammlung von Gas aus dem metagalaktischen Raum setzt eine neue Phase der aktiven Prozesse im Kern ein.

Kuriltshik nimmt für die gesamte Energie der relativistischen Elektronen in den gegenwärtig intensivsten zentralen Radioquellen $2 \cdot 10^{53}$ erg an, und für die Energie in den ausgedehnten Quellen ungefähr $4 \cdot 10^{55}$ erg. Daraus leitet er ab, daß während der aktiven Phase des Kerns ($2-5 \cdot 10^8$ Jahre) ungefähr 100 Ausbrüche stattfinden müssen. Dabei vernachlässigt er die mögliche Abnahme der Energie der relativistischen Elektronen infolge der Ausdehnung der zentralen Radioquellen nach dem Ausbruch. Danach müßte die Periode der Wiederholung der Ausbrüche etwa $2-5 \cdot 10^6$ Jahre betragen. Diese Rechnung gilt für eine haloähnliche Form der ausgedehnten Radioquellen.

Für den Fall der Scheibenform der ausgedehnten Radioquellen erhält Kuriltshik eine Periode, die um eine Zehnerpotenz größer ist, nämlich ungefähr $2-5 \cdot 10^7$ Jahre.

Außer diesem Vorgang der quasistetigen Injektion der relativistischen Teilchen hält Kuriltshik auch einen anderen Prozeß für möglich. Dabei verläuft die Injektion der relativistischen Teilchen aus den zentralen Gebieten der Galaxien in die aus-

gedehnten während des Stadiums des aktiven Kernes nicht quasistetig, das heißt, unter Auftreten von verhältnismäßig oftmaligen Ausbrüchen, sondern stetig.

In jedem Fall steht es aber außer Zweifel, daß die Radioquellen in den verschiedenen Spiralgalaxien sich gegenwärtig in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung befinden. Das räumliche Nebeneinander der Objekte spiegelt dann die zeitliche Entwicklung der Radioquellen wider.

Wie sieht dieser Entwicklungsgang nun aus? Kuriltshik hält die folgende Einteilung in einzelne Entwicklungsstadien für sinnvoll.

Eines der ersten Stadien im Zyklus der Entwicklung von Radioquellen ist die Bildung von zentralen Radioquellen, ähnlich denen, die man in den Galaxien NGC 253, NGC 3079 und NGC 6946 beobachtet. Die bei Explosionen oder auch bei stetig ablaufenden aktiven Prozessen in diesen zentralen Gebilden ausgestoßenen relativistisch bewegten Elektronen bewirken dann die Entstehung einer ausgedehnten Radioquelle.

Das zweite Stadium in der Entwicklungsfolge von Radioquellen wird also so aussehen, daß gleichzeitig mit einer verhältnismäßig starken zentralen Radioquelle auch eine ausgedehnte mit einem Knick im Spektrum auftritt. Beispiele dafür sind die Galaxien NGC 5154 und NGC 5236.

In einem noch späteren Stadium der Entwicklung ist ein Nachlassen der Aktivität des Kernes zu erwarten. Das führt dazu, daß die Radiostrahlung in der Hauptsache nur noch von der ausgedehnten Quelle herrührt. Beispiele hierfür sind NGC 224 (M 31), NGC 3031 (M 81) sowie unser Milchstraßensystem.

Unter Berücksichtigung der wichtigen Rolle, die die Kerne von Galaxien bei der Bildung von Radioquellen in diesen Galaxien besitzen, kann man, nach Meinung Kuriltshiks, Galaxien mit hochangeregten Kernen – die bereits erwähnten Seyfertgalaxien – keinesfalls aus den Betrachtungen ausschließen, auch wenn diese Objekte nicht zu den „normalen“ Galaxien gehören. Von den bis heute bekannten Seyfertgalaxien sind NGC 1068 und NGC 1275 am intensivsten untersucht worden. Die folgenden Angaben sollen sich auf die Radioeigenschaften beschränken.

Das Spektrum der Radiostrahlung von NGC 1275 im Meter- und Dezimeter-Wellenlängenbereich ist den Spektren einiger Spiralgalaxien ähnlich, die gegenwärtig sowohl zentrale wie auch ausgedehnte Radioquellen besitzen. Es sind jedoch einige Unterschiede vorhanden, die sich nach Meinung Kuriltshiks durch die Größe und die Geschwindigkeit der Energieerzeugung im Kern erklären lassen.

Im Zentimeterbereich des Radiospektrums von NGC 1275 gibt es ein bemerkenswertes Detail. Das Spektrum besteht aus zwei gradlinigen Teilen verschiedenen Anstiegs, die durch eine Knickstelle miteinander verbunden sind. Der Teil mit dem steileren Anstieg liegt bei kleineren Frequenzen. Diese Art des Spektrums ist charakteristisch für die Radiostrahlung einiger Quasare.

Gemäß den Arbeiten amerikanischer Autoren, so meint Kuriltshik, kann man annehmen, daß sich im Kern dieser Galaxis ein „unsichtbarer“ Quasar befindet, wobei das Vorhandensein solcher unsichtbaren Quasare auch in den Kernen anderer Seyfertgalaxien möglich ist.

Das Spektrum der Radiostrahlung der ausgedehnten Quelle von NGC 1275 ist steiler als bei normalen Galaxien, was Kuriltshik durch ein schnelles Abklingen des Beschleunigungsprozesses und des Ausstoßens der relativistischen Teilchen in die ausgedehnte Radioquelle im Vergleich mit der Lebensdauer der relativistischen Elektronen in den ausgedehnten Quellen erklären zu können glaubt.

Die Seyfertgalaxis NGC 1068 hat gegenwärtig nur eine stark ausgeprägte zentrale Radioquelle mit einem für diese Erscheinung in Spiralgalaxien typischen Radiospektrum. Der Spektralindex beträgt $\alpha = 0,5$.

Bei einer Reihe von Seyfertgalaxien wird keine Radiostrahlung beobachtet. Das ist sicher mit der Nichterfüllung bestimmter Bedingungen in den Kernen verbunden, die für eine effektive Beschleunigung der relativistischen Teilchen notwendig sind. In den Kernen dieser Seyfertgalaxien befindet sich das Gas nämlich in einem Zustand sehr hoher Dichte und Temperatur. Das beweisen die optischen Spektren, aus denen man eine hohe Anregung und Ionisation der Atome erkennt. Aus der großen Breite der Emissionslinien dieser Objekte folgt weiterhin eine starke Turbulenz. Deshalb werden häufig Teilchenzusammenstöße auftreten. Die dadurch eintretenden Energieverluste sind wahrscheinlich so groß, daß für eine genügend große Beschleunigung der Elektronen keine ausreichende Energiemenge übrigbleibt.

Im Laufe der Entwicklung der aktiven Prozesse, die von der schon erwähnten Turbulenz und einer Ausdehnung der Kerngebiete begleitet ist, wird die Dichte abnehmen. Die Zahl der Teilchenzusammenstöße wird geringer, was dazu führt, daß mehr Energie für die Beschleunigung der Elektronen zur Verfügung steht. Erst dann wird also Synchrotronstrahlung auftreten. In diesem Zusammenhang erscheint es erwähnenswert, daß auch nicht alle Quasare Radioquellen sind. Es scheint so, als ob das Auftreten von Quasaren mit diesen ersten Entwicklungsstadien einer Radioquelle verbunden sein könnte, in denen sich aus einem Gebilde mit kleinem Durchmesser und hoher Dichte durch Expansion die Radioquelle bildet.

Das scheint jedenfalls auch Kuriltshik zu meinen, wenn er davon spricht, daß der Anfangszustand der Entwicklung einer Radioquelle begleitet sein könnte vom Auftreten eines „unsichtbaren“ Quasars im Kerngebiet eines solchen Objektes.

Kuriltshik kommt im Laufe seiner Diskussion zu dem Ergebnis, daß die Kerne von Galaxien zweifellos eine bestimmende Rolle im Prozess der Bildung von Radioquellen in diesen Galaxien spielen. Offensichtlich stellen die Kerne in ihrer aktiven Phase in der Mehrzahl der Fälle stetig arbeitende Teilchenbeschleuniger dar. Eine langperiodische Änderung der Aktivität (wiederholte Ausbrüche) ist dabei möglicherweise mit einer zyklischen Veränderung der Kernmasse verbunden.

Die Gemeinsamkeiten im Radiospektrum der sogenannten normalen Radiogalaxien und der Seyfertgalaxien sowie die erwähnten möglichen Zusammenhänge zwischen den letzteren und den Quasaren stellen Hinweise dafür dar, daß man Quasare, Seyfertgalaxien und normale Radiogalaxien als verschiedene zeitliche Entwicklungsstufen einer extragalaktischen Radioquelle ansehen sollte. In diesem Sinne stellen die Arbeiten Kuriltshiks einen Schritt auf einem Wege dar, dessen weiteres Verfolgen von größtem Interesse ist.

Literatur

- A. J. (russ.) 1965, 42, S. 1138
A. J. (russ.) 1966, 43, S. 732

Die Meteoritenforschung in der Sowjetunion

J. CLASSEN

Die Erforschung der Meteorite erfreut sich in der UdSSR einer außerordentlichen Pflege. Dieses Interesse ist sozusagen historisch bedingt, denn schon im ehemaligen Rußland beschäftigte man sich viel mit Meteoriten. Ja, die moderne Meteoritenkunde nahm eigentlich in Rußland ihren Ursprung.

Erstmals erkannte 1794 Ernst Friedrich Chladni (geb. 30.11.1756 in Wittenberg, gest. 4.4.1827 in Breslau) während eines Aufenthaltes im damaligen Petersburg die wahre Natur der Meteorite. Er hatte einen in Petersburg befindlichen großen Meteorit, das berühmte „Pallas-Eisen“, gesehen und dessen mineralogische und sonstige Eigenschaften studiert, die in vieler Hinsicht so ganz anders waren als die Eigenschaften irdischen Eisens.

Vor Chladni hatte noch niemand gewagt, die Meteorite als außerirdische Naturprodukte zu bezeichnen. Im Altertum sah man die Meteorite als Wunder und als Sendboten der Götter an, und im Mittelalter sowie im 16. bis 18. Jahrhundert leugnete man überhaupt ihr Herkommen aus dem Weltraum.

Noch in Petersburg schrieb Chladni eine Abhandlung über seine Forschungsergebnisse, die 1794 in Riga herauskam und den Titel trug: „Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen, und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen“ (1). In dieser Abhandlung steht der denkwürdige Satz, daß die fraglichen Eisenmassen „weder als irdischer Stoff durch irgendeine tellurische Kraft in die Höhe geführt, noch aus den in der Atmosphäre befindlichen Teilen angehäuft sein können, sondern aus dem übrigen Weltenraum zu uns gelangten.“

Jenes Pallas-Eisen war übrigens 1771 auf merkwürdige Weise von dem Forschungsreisenden Peter Simon Pallas (geb. 22.9.1741 in Berlin, gest. 8.9.1811 in Berlin) aufgefunden worden. Schon 1749 hatte es der Schmied Jakob Medwedew 220 km südlich von Krasnojarsk auf einem Berge entdeckt und mit vieler Mühe 32 km weit in sein Haus geschleppt. Von den Tataren erfuhr Medwedew, daß der von ihm gefundene Eisenbrocken vom Himmel gefallen sei. Als 1768–1774 Pallas an der Spitze einer Expedition der Petersburger Akademie der Wissenschaften zur Erforschung des östlichen Rußlands in der dortigen Gegend weilte, hörte er von dem ungewöhnlichen Fundstück, beschaffte es sich und schickte es 1772 mit vielen anderen gesammelten Gegenständen von Krasnojarsk aus nach Petersburg.

Teilstücke dieses historisch bedeutungsvollen Meteoriten gelangten später auch in die anderen Meteoritensammlungen, wo sie als Krasnojarsk-Meteorit bezeichnet wurden (Abb. 1, S. 114). Dadurch blieben von der ursprünglich 687 kg schweren Masse nur 520 kg in Petersburg. Sie bilden jetzt das bedeutendste Stück der dortigen Meteoritensammlung. Das Pallas-Eisen ist in mineralogischer Hinsicht eine Übergangsform zwischen den Stein- und den Eisenmeteoriten. Man bezeichnet diese Art von Meteoriten zu Ehren von Pallas heute noch als „Pallasite“.

Chladni stieß mit seinen neuen Ansichten zunächst auf großen Widerstand, wenigstens in den außerrussischen Ländern. Besonders die eingebildeten Mitglieder der Pariser Akademie der Wissenschaften konnten sich nicht mit dem Gedanken befrieden, daß Stein- und Eisenmassen vom Himmel fallen. Auch ein Professor in Genf, G. A. de Luc, bekämpfte Chladni heftig. Er warf ihm vor, „alle Weltordnung zu leugnen und nicht zu bedenken, wie sehr er an allem Bösen in der moralischen Welt schuld sei“.



Abb. 1: Teilstück des Meteoriten von Krasnojarsk.

In Rußland fand Chladni dagegen mehr Anerkennung. Beispielsweise wurde er nach der Veröffentlichung seines Buches zum korrespondierenden Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften gewählt. Und schon 1807 wurde in Rußland das erste Buch über Meteorite gedruckt. Es stammte von dem Professor der Universität Charkow, Afanassij Stoikowitsch, und trug den Titel „Über Himmelssteine und ihren Ursprung“ (2).

In Deutschland erschien das erste Buch, das die Herkunft der Meteorite aus dem Weltraum anerkannte, im Jahre 1804. Es hatte F. A. v. Ende zum Verfasser, der Titel lautete „Über Massen und Steine, die aus dem Monde auf die Erde gefallen sind“ (3). Diese Veröffentlichung bedeutete jedoch gegenüber den in Rußland geschriebenen Büchern einen Rückschritt, wie schon der Titel erkennen läßt. Chladni sowie vor allem auch Stoikowitsch hatten bereits die Ansicht vertreten, daß die Meteorite Bruchstücke eines zerborstenen Himmelskörpers sind. v. Ende dagegen ließ die Meteorite vom Mond herabfallen.

Die Meteorite wurden also nicht nur in Rußland zuerst als solche erkannt, sondern die russische Meteoritenforschung war auch derjenigen der anderen Länder um einige Jahre voraus. Dieser historische Tatbestand wird jetzt überall neidlos anerkannt, auch in den westeuropäischen Ländern. So schreibt beispielsweise F. L. Boschke aus Heidelberg in seinem erst kürzlich in Düsseldorf und Wien erschienenen lesenswerten Buche über die Meteorite:

„Aus solch vortrefflichen Ansätzen erwuchs in Rußland eine Meteoritenforschung, die nicht nur zu glänzenden wissenschaftlichen Resultaten führte, sondern die im Zeitalter des Raumfluges russischen Technikern und Astronauten eine solide Basis für manche Überlegung und auch Überlegenheit gab. Der Begriff „Meteoritik“ wurde in Rußland geprägt, eine Kommission für Meteorite der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde 1935 gegründet und kurz vor dem zweiten Weltkrieg gründete man eine Spezialzeitschrift: „Meteoritica“. Bücher und Monographien über Meteorite erschienen, und russischen Forschern wie V. J. Vernadskii (1863 bis 1945), A. E. Fersman (1883–1945), L. A. Kulik (1883–1942) und E. L. Krinow (derzeit Wissenschaftlicher Sekretär des Meteoriten-Komitees der Akademie der Wissenschaften der UdSSR) standen viele Möglichkeiten der Forschung und des Gedankenaustausches offen. Noch 1960 wußte man in der UdSSR entscheidend mehr über Meteorite als in irgendeinem anderen Land der Erde“ (4).

Nach Bekanntwerden der Bücher von Chladni und Stoikowitsch wurden in Rußland große Meteoritensammlungen angelegt. Die Petersburger Meteoritensammlung wurde oben schon erwähnt, sie enthielt 1811 sieben Meteorite und unterstand der

Petersburger Akademie der Wissenschaften, 1893 war ihr Bestand auf 827 kg meteoritischem Material angewachsen, das 53 Meteoritenfällen entstammte. Unter diesem Material befanden sich viele große Einzelstücke. Die zweite Meteoritensammlung entstand in Moskau, sie enthielt 1893 bereits 113 Meteoritenfälle im Gesamtgewicht von 10 kg.

Auch ein Privatmann, der 1896 verstorbene russische Staatsrat Julien de Sie-maschko in Petersburg, sammelte Meteorite. 1891 umfaßte seine Sammlung 347 Fälle mit 57 kg Gesamtgewicht, 1896 bereits 402 Fälle, darunter viele seltene russische und sibirische Stücke. 1903 wurde diese Sammlung von dem Amerikaner Henry A. Ward für 30 000 Rubel gekauft und nach Chicago gebracht. Ward besaß vorher schon 179 Meteorite im Gesamtgewicht von 1069 kg, zuletzt hatte dieser leidenschaftliche Sammler eine Meteoritensammlung von 603 Fallorten mit 2495 kg Gewicht zusammen. Sie ging später in den Besitz des Field-Museums über.

Von der Meteoritenforschung im alten Rußland sei noch erwähnt, daß 1804 von dem Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften Lowitz erstmalig die ausführliche mineralogische Untersuchung eines Steinmeteoriten durchgeführt wurde, welcher 1787 bei Shigailowka im Bezirk Charkow gefallen war (5). Die Analyse insbesondere der Steinmeteorite ist seitdem in der Meteoritenforschung zu einer routinemäßigen Angelegenheit geworden.

Nach der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution nahm auch die Meteoritenforschung im Lande einen ungeahnten Aufschwung. Großzügig vom Staat unterstützt, begann jetzt ein planmäßiges Sammeln der Meteorite, das stets auch mit einer genauen Feststellung der jeweiligen Fallumstände verbunden war. Ferner wurden die organisatorischen Grundlagen für ausgedehnte Spezialforschungen auf allen Gebieten der Meteoritenkunde geschaffen.

Die Intensivierung des Sammelns der Meteorite kommt bereits in den Fundzahlen zum Ausdruck. Beispielsweise wurden von 1794 bis 1917 in Rußland 82 Meteorite gefunden, das heißt, es wurde aller 1,5 Jahre ein Meteorit entdeckt. 1917 bis 1949 wurden dagegen 38 Meteorite eingesammelt. Im Durchschnitt also jährlich fast doppelt so viel wie früher. Allerdings stieg in anderen Ländern die Sammelquote in den letzten Jahrzehnten ebenfalls, wobei in diesen Ländern (mit Ausnahme der USA) die Fundzahlen natürlich nicht so groß waren wie in dem riesenhaften Gebiet der UdSSR.

Zur Organisation der Meteoritenforschung wurde in der UdSSR 1939 (nicht also wie oben von Boshke angegeben 1935) ein „Meteoriten-Komitee“ gegründet. Es befindet sich in Moskau bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und stellt eine zentrale wissenschaftliche Behörde dar, die sich speziell mit der Erforschung der Meteorite befaßt. Diese Behörde organisiert alle mit den Meteoriten im Zusammenhang stehenden Fragen. Sie veranlaßt beispielsweise, daß zur Untersuchung der Meteorite Speziallaboratorien und neueste Apparaturen bereitgestellt werden. Sie stellt aber auch das Sammeln der Meteorite auf eine breite Grundlage. So erhält die Bevölkerung für das Auffinden und die Ablieferung der Meteorite Geldprämien (6). Kein anderes Land hat eine derartige nur für Meteorite zuständige Behörde. Der Vorsitzende dieses Meteoritenkomitees ist W. G. Fessenkow, der wissenschaftliche Sekretär E. L. Krinow. Beide sind international bekannte Wissenschaftler.

Ferner beschloß kurz nach dem zweiten Weltkrieg das Präsidium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, in Moskau ein Meteoritenmuseum zu gründen. TASS meldete damals darüber: „Die UdSSR ist im Besitz der besten Meteoritensammlung der Welt, die schon seit 150 Jahren besteht und zwölfhundert Bruchstücke und 178 Meteoriten zählt. Dem neuen Museum werden Forschungslaboratorien angeschlossen sein. In diesem Jahr werden die Wissenschaftler mit dem Studium der Steinmeteoriten, ihrer mineralogischen Zusammensetzung usw., beginnen, um die Bedingungen für die Bildung von Meteoriten zu enthüllen. Sie be-

gannen während des Krieges ebenfalls mit dem Studium von Eisenmeteoriten. Der Mitarbeiterstab des Meteoritenmuseums wird auch eine Gruppe von Kaaliyarn-Meteoritenkratern auf der Insel Saarema in der Estländischen Republik studieren, die im Jahre 1927 entdeckt wurden und durch den Niedergang von gigantischen Meteoriten gebildet wurden.“

1947 erhielt dieses Meteoritenmuseum einen einzigartigen Zuwachs. Es wurden ihm nicht weniger als 23 t meteoritisches Material überwiesen, das nach dem Eisenregen von Sichote Alin gefunden worden war. Auf diesen riesenhaften Meteoritenfall wird unten noch zurückgekommen werden. Jedenfalls wurde das Moskauer Meteoritenmuseum dadurch mit Abstand die das meiste meteoritische Material enthaltende Meteoritensammlung im Weltmaßstab.

Neun Meteorite erhielt die Moskauer Sammlung übrigens 1963/65 auch vom Pulsnitzer Meteoritenmuseum. Letzteres bekam dafür 12 Meteorite aus der UdSSR, so daß es nunmehr als einziges Museum außerhalb der UdSSR eine fast vollständige Kollektion der in der letzten Zeit in der UdSSR niedergegangenen Meteorite zeigen kann. Ein Teil dieser Meteoritensammlung war 1966 in „Astronomie und Raumfahrt“ abgebildet (7).

Außer in Moskau und Leningrad befinden sich in der UdSSR auch noch in Kiew, Odessa, Saratow, Charkow, Kasan, Lwow und Tartu Meteoritensammlungen. Sie sind zwar wesentlich kleiner als die Sammlungen in Moskau und Leningrad, aber sie sind ebenfalls wie diese der Bevölkerung zugänglich, die großes Interesse für die ausgestellten Meteorite und Meteoritenteile zeigt. Dabei werden alle diese Sammlungen großzügig vom Staat unterstützt, eine Maßnahme, der sich die Meteoritensammlungen anderer Länder selten rühmen können, obwohl sich auch dort die Bevölkerung nicht weniger dafür interessiert.

Der große Umfang der Meteoritenforschung in der UdSSR bedingt es, daß in regelmäßigen Abständen (aller ein bis zwei Jahre, manchmal auch zweimal jährlich) gut besuchte Meteoriten-Konferenzen abgehalten werden müssen. Auch hierzu gibt es in keinem Land der Erde ein Gegenstück. Auf welch hohem Niveau diese Konferenzen stehen, soll eine kurze Übersicht über das Programm der 9. Meteoriten-Konferenz zeigen, die vom 2. bis 4. Juni 1960 in Kiew stattfand (8).

Am Anfang wies der Direktor des Geologischen Museums der Akademie der Wissenschaften der UdSSR S. P. Rodionow auf die Wichtigkeit und Aktualität der Meteoritenforschung hin, da in nächster Zeit interplanetare kosmische Flüge des Menschen bevorstehen. Traditionsgemäß gab dann Fessenkow eine allgemeine Übersicht über die Resultate, welche von den Meteoritenforschern des In- und Auslandes im Laufe der letzten 2 bis 3 Jahre gehalten wurden. Besondere Aufmerksamkeit wandte Fessenkow der Frage zu, welches Aussehen die Meteorite im interplanetaren Raum besitzen, wie hier ihre Oberfläche beschaffen ist und ob in dieser Beziehung ein Unterschied zwischen jenen Körpern besteht, welche das Zerfallsprodukt von Planetoiden sind, und den Körpern, die als Zerfallsprodukt der Kometen betrachtet werden müssen. Insbesondere erhebt sich nach Fessenkow die Frage, ob die geringe Dichte mancher Meteoriten ein Zeichen ihres kometarischen Ursprungs ist.

Eine Hauptaufgabe, die auf der Konferenz behandelt wurde, bestand in der Beurteilung der Resultate, zu welchen die Untersuchung des Tunguska-Meteoriten vom 30. 6. 1908 führte. Über dieses Thema wurden allein neun Vorträge gehalten, auf deren hauptsächlichsten Inhalt unten noch einmal kurz zurückgekommen wird.

Eine außerordentlich wichtige Bedeutung besitzt gegenwärtig das Studium des Einflusses der Bestrahlung der Meteorite im interplanetaren Raum durch kosmische Strahlen. Infolge der Bestrahlung bilden sich in den Meteoriten stabile und radioaktive Isotopen verschiedener chemischer Elemente, darunter auch kurzlebige. Auf dieser Grundlage scheint es möglich, durch Messung des Gehalts der erwähnten

Isotopen das kosmische Alter der Meteorite zu bestimmen, d. h. das Zeitintervall, in dessen Verlauf sich die Meteorite im interplanetaren Raum in Form selbständiger Körper befunden haben und dabei den kosmischen Strahlen ausgesetzt waren. Hierüber wurde in dem Vortrag von E. K. Gerling und L. K. Levsky berichtet. Die Vortragenden bemerkten, daß das kosmische Alter der Meteorite um vieles geringer sei als das Alter des Meteoritenstoffes selbst, welches mittels der Argon- und Bleimethoden bestimmt wird.

I. E. Starik teilte mit, daß nicht alle Meteorite primäres Blei enthalten. Vielmehr besitzt ein Teil der Meteorite Blei mit einer Isotopen-Zusammensetzung, die genau derjenigen des Erdbleies entspricht und die auf ein Alter von $2 \cdot 10^8$ bis $1 \cdot 10^9$ Jahren führt. Hieraus schließen die Vortragenden auf eine verschiedenartige Natur der Eisenmeteorite.

A. A. Javnel sprach sodann über die Abhängigkeit der inneren Struktur der Eisenmeteorite von deren chemischer Zusammensetzung. Ähnliche Themen wurden anschließend in nicht weniger als neun Vorträgen behandelt. Der tschechische Astronom S. Zepřecha trug über einen Meteorsteinregen vor, der sich am 7. 4. 1959 bei Příbram in der CSSR ereignet hatte. Zum ersten Mal in der Geschichte der Meteoritenforschung war es dabei gelungen, das Niederfallen eines Meteoriten zu fotografieren, und zwar sogar zweimal von verschiedenen Punkten aus. Dadurch wurde es möglich, die Bahn des Meteoriten genau zu bestimmen. Sie erwies sich als eine elliptische Bahn, die in den Planetoidengürtel hineinreicht. Auch konnte durch die Aufnahmen festgestellt werden, daß der Meteorit in der Atmosphäre in 17 Teile zersprungen war.

Nur 4 davon mit einem Gesamtgewicht von ungefähr 5 kg konnten gefunden werden. Die anfängliche Masse des Meteoriten wurde auf 400 bis 1000 kg berechnet, während wahrscheinlich insgesamt 100 kg meteoritisches Material niedergingen. Die größte Menge der Meteoritensubstanz ist also verlorengegangen.

Die letzte Sitzung der Konferenz war drei Vorträgen über die Glasmeteorite oder Tektite vorbehalten, in denen ebenfalls neue Ergebnisse mitgeteilt wurden. Die Tektite stehen jetzt im Mittelpunkt des Interesses, da über ihre Herkunft noch völlige Unklarheit herrscht.

Schon aus diesen kurzen Angaben sieht man also, daß sich die 9. Meteoriten-Konferenz der UdSSR durchweg mit den aktuellsten Problemen der heutigen Meteoritenforschung befaßte.

Abb. 2: Das in der UdSSR erscheinende internationale Mitteilungsblatt für Meteoritenfunde.

THE PERMANENT COMMISSION ON METEORITES
OF THE INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES

THE METEORITICAL BULLETIN

No. 39

February 1967

Moscow, USSR

FALL OF ST. SEVERIN STONY METEORITE, FRANCE

Name:	ST. SEVERIN.
The place of fall or discovery:	France; $\varphi = 45^{\circ}15'N$, $\lambda = 0^{\circ}14'E$.
Date of fall or discovery:	FALL, June 27, 1966.
Class and type:	STONY, olivine-hypersthene chondrite (amphoterite).
Number of individual specimens:	5.
Total weight:	224 kg.
Circumstances of the fall or discovery:	Report of Dr. Brian Mason (Washington, USA) in a letter, 1.13. 1967.
Source:	

DISCOVERY OF MUNDABILLA IRON METEORITE, WESTERN AUSTRALIA

Name:	MUNDABILLA.
The place of fall or discovery:	The Nullarbor Plain, to the north of the Transcontinental Highway, Western Australia; $\varphi = 30^{\circ}47'S$, $\lambda = 127^{\circ}53'E$.
Date of fall or discovery:	FOUND, March 1966.
Class and type:	IRON, medium octahedrite.
Number of individual specimens:	2.
Total weight:	16-12 tons and 5 1/2 tons.
Circumstances of the fall or discovery:	The meteorites were found by geologists J. B. Wilson and A. M. Cooney while engaged on a geological survey.

Der hohe Stand der Meteoritenforschung in der Sowjetunion und die großzügige Förderung dieses Wissensgebietes durch die Regierung der UdSSR wurden nach dem zweiten Weltkrieg auch international anerkannt, indem dem Moskauer Meteoriten-Komitee die Registrierung und Bearbeitung sämtlicher auf der Erde stattfindenden Meteoritenfunde übertragen wurde. Moskau wurde damit zum Sitz der „Permanent Commission on Meteorites of the International Union of Geological Sciences“. Im Auftrag dieser Stelle wird in Moskau ein in englischer Sprache verfaßtes Mitteilungsblatt herausgegeben, das den Titel „The Meteoritical Bulletin“ trägt und alle Fundmeldungen von neuen Meteoriten enthält (Abb. 2, S. 117). Bisher hat sich diese weltumspannende Meteoritenzentrale in Moskau, die federführend von Krinow betreut wird, aufs beste bewährt.

Es müssen nun noch zwei Umstände erwähnt werden, welche die Meteoritenforschung in der UdSSR ungemein angeregt haben. Der erste Umstand ist der Fall zweier sehr großer Meteorite, nämlich des Tunguska-Meteoriten vom 30. 6. 1908 und des Eisenmeteoriten von Sichote Alin vom 12. 2. 1947. Der zweite Umstand dagegen ist der Beginn der Weltraumfahrt und die damit verbundene Erforschung der Meteorite durch Erdsatelliten, Raumsonden und Weltraumschiffe.

Über den Meteoriteneinschlag, der am 30. 6. 1908 früh 7^h 16^m im Flußgebiet der Steinigen Tunguska, eines Nebenflusses des Jenissei, erfolgte und der die Erde im wahrsten Sinne des Wortes „erzittern“ ließ, ist schon viel geschrieben worden. Die Einzelheiten über dieses Naturereignis können daher in den Kreisen, in denen der vorliegende Bericht gelesen wird, als weitgehend bekannt vorausgesetzt werden (siehe „Astronomie und Raumfahrt“, 1/1967, „Rätsel der Steinigen Tunguska“).

Hier sei nur die wohl einzig richtige Deutung für dieses Naturereignis angeführt, da für dasselbe immer und immer wieder phantastische Erklärungsversuche propagiert werden (s. S. 144. Die Red.). Dabei ist das damalige Geschehen durch die neueren Forschungen weitgehend aufgeklärt. Es stieß nämlich damals ein Riesenmeteorit mit der Erde zusammen, der eine so große Masse hatte, daß er von der Erdatmosphäre nur unwesentlich abgebremst wurde. Stößt aber ein Meteorit mit kosmischer Geschwindigkeit (das heißt mit etwa 15 bis 50 km/sec) mit der Erde zusammen, so kommt es zur Explosion des Meteoriten und es bleiben keine festen Bestandteile von diesem übrig. Deshalb also werden vom Tunguska-Meteoriten keine Überreste gefunden!

Alle Meteoriten mit über 100 t Masse und wahrscheinlich ein Großteil aller Meteorite mit 50 bis 100 t Masse erleiden dieses Schicksal, sie explodieren. Der Tunguska-Meteorit, der wahrscheinlich bereits in einer Höhe von etwa 5 km über der Erdoberfläche explodierte, hatte sogar eine Masse, die um Größenordnungen größer war als 100 t. Man findet beispielsweise den Wert 10^5 bis 10^7 t angegeben. Der Durchmesser dieser offenbar sehr locker aufgebauten Masse betrug einige Hunderte von Metern, ihre mittlere Dichte war anscheinend kleiner als 1 g/cm^3 .

Vielleicht war der Tunguska-Meteorit ein Kometenkern oder ein Kleinplanetoid. Fessenkow, der sich um die Erforschung des Tunguska-Meteoriten sehr verdient gemacht hat, spricht sich für einen Kometenkern aus (9), und diese Ansicht ist wahrscheinlich auch richtig. Kometenkerne bestehen meist aus gefrorenen Gasen und Wasser mit Beimengungen von eingeschlossenem Nickeleisen und Silikaten.

Auf jeden Fall handelte es sich bei dem Tunguska-Meteorit nicht um einen herkömmlichen kompakten Eisenmeteoriten. Der gleich noch zu besprechende Sichote-Alin-Meteorit dagegen, von dem viel Material erhalten blieb, war erwiesenermaßen ein normaler, wenn auch sehr großer Eisenmeteorit.

Es muß festgestellt werden, daß in der UdSSR gerade für die Erforschung des Tunguska-Meteoriten außerordentlich viel getan wurde. So bemühte sich schon 1921 bis 1930 L. A. Kulik, der 1942 bei der Verteidigung seiner Heimat fiel, um die Auf-

klärung des Tunguska-Geheimnisses. Sechs Expeditionen sind bis jetzt in das unwirtliche Gebiet der Steinigen Tunguska gesandt worden, und jede kehrte mit neuen wichtigen Ergebnissen zurück. Insbesondere die letzten Expeditionen (ab 1958) waren sehr erfolgreich, denn sie waren mit Geräten ausgestattet, die radioaktive Messungen sowie andere moderne Untersuchungen ermöglichten. Auch wurde bei diesen letzten Expeditionen eingehend das Gebiet des umgebrochenen Waldes (Abb. 3, unten) untersucht, seine Grenzen bestimmt und die früher schon entdeckte elliptische Form dieses Gebietes sowie der radiale Charakter des Umbruches des Waldes bestätigt. Die Expeditionen stellten auch das Fehlen von Spuren einer Explosion auf der Erdoberfläche fest und kamen erneut zu dem Schluß, daß die Explosion des Meteoriten bereits in der Luft erfolgt war. Sie entnahmen ferner Bodenproben aus dem Fallgebiet des Meteoriten, deren weitere Bearbeitung zur Entdeckung von Teilchen meteoritischen Staubes führte. Dieser Meteorstaub rührte ganz offensichtlich von dem Tunguska-Meteoriten her.

Der Eisenregen von Sichote Alin bei Wladiwostok erfolgte am 12. 2. 1947 vormittags 10^h 38^m bei strahlend hellem Sonnenschein. Trotzdem schmerzten den Beobachtern von der Lichterscheinung die Augen, und die Gegenstände zeigten einen doppelten Schatten. Von dem Luftdruck flogen Türen auf, Glasscheiben fielen aus den Fenstern, aus den beheizten Öfen schlugen Flammen, und ein Erzittern des Bodens wurde verspürt. Bis 400 km weit war der Niedergang des Meteoriten zu beobachten. Im allgemeinen waren die Fallerscheinungen allerdings nicht so stark wie bei dem Tunguska-Meteoriten vom 30. 6. 1908.

Der genaue Niedergangsort des Sichote-Alin-Meteoriten wurde am 15. 2. 1947 durch die Flieger Firzikow und Agejew aus Chabarowsk aus 700 m Höhe entdeckt; im weißen Schnee waren zahlreiche gelbbraune Trichter zu erkennen. Bald darauf setzte eine intensive Erforschung durch Wissenschaftler aus allen Teilen der UdSSR ein. Die Leitung hatten Fessenkow und Krinow vom Meteoriten-Komitee in Moskau. Das gesamte Niedergangsgebiet des Meteoritenregens wurde als Naturschutzgebiet erklärt und dem Meteoriten-Komitee zur Erforschung der Fallumstände

Abb. 3: Vom Tunguska-Meteorit umgebrochener Wald.





Abb. 4: Einer der Meteoriten von Sikhote Alin.

übergeben. Auch das Einsammeln der Meteoritenteile wurde von letzterem übernommen. Der Meteorit war nämlich bereits in der Atmosphäre, und zwar etwa in 5 km Höhe, in viele einzelne Stücke zersprungen, außerdem zersplitterten viele dieser Stücke noch einmal beim Aufschlag auf das Kalkgestein, das sich am Fallort befand. Es ist bemerkenswert, daß sich der Zerfallsort des Sikhote-Alin-Meteoriten ungefähr in der gleichen Höhe über der Erdoberfläche befand wie die Explosionsstelle des Tunguska-Meteoriten.

Insgesamt wurden bis jetzt vier größere Expeditionen in das Niedergangsgebiet des Sikhote-Alin-Meteoriten entsandt, die 23 t meteoritisches Material fanden und ihren Abtransport nach Moskau veranlaßten. Die Gesamtmenge der niedergefallenen Bruchstücke wird auf 70 t, ihre Zahl auf 1000 Stück geschätzt.

Es gelang nach vielen Mühen, 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. Fessenkow und Krinow nehmen daher an, daß wir in dem Meteoriten von Sikhote Alin einen kleinen Planetoiden vor uns haben (10). Sein Durchmesser dürfte sehr viel kleiner gewesen sein als der Durchmesser des Tunguska-Meteoriten.

Ein Teilstück des Eisenregens von Sikhote Alin von 2,918 kg Gewicht kann übrigens im Pulsnitzer Meteoritenmuseum besichtigt werden (Abb. 4, oben).

Zum Schluß sei nun noch ein Forschungsgebiet gestreift, das zwar noch sehr jung ist, das aber in der UdSSR ebenfalls bereits mit größtem Erfolg betrieben wird. Es handelt sich hierbei um die Erforschung der im Weltraum vorhandenen Meteorite durch Erdsatelliten und Raumsonden.

Schon mit den drei ersten Sputniks gelang den Wissenschaftlern der UdSSR eine wichtige Feststellung auf diesem Gebiet, nämlich, daß in den untersuchten Höhen (bis 1880 km) keine akute Gefahr durch einen Meteoritentreffer besteht. Größere Meteoriten sind also auch im Weltraum verhältnismäßig selten. Diese Feststellung war für die damals am Anfang ihrer Entwicklung stehende Weltraumfahrt von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Um jedoch auch die sehr viel zahlreicheren Mikrometeorite des Weltraumes untersuchen zu können, wurden von der UdSSR — ähnlich wie von den USA — Erdsatelliten und Raumsonden mit ausklappbaren Auffangflächen gestartet, welche die auftretenden Mikrometeorite registrierten und die gewonnenen Informationen zur Erde funkten. Die vollkommensten Mikrometeoritenzähler befanden sich bisher an Bord von Luna 10, Luna 11 und Luna 12. Diese Flugkörper wurden am 31. 3.

1966, 24. 8. 1966 und 22. 10. 1966 gestartet und zunächst auf eine Parkbahn um die Erde gebracht, dann in Richtung auf den Mond abgelenkt und nach ihrer Ankunft am Mond durch Bremsraketen zu künstlichen Begleitern des Mondes gemacht. Sie hatten nunmehr eine beträchtliche Zeit lang (einige Monate) die Möglichkeit, die Dichte der um den Mond herum befindlichen Mikrometeorite zu messen.

T. N. Nasarowa, A. K. Rybakow und G. D. Komissarow (11) berichten beispielsweise, daß mit piezoelektrischen Zählern, die an der Außenwand von Luna 10 angebracht waren und eine Auffangfläche von $1,2 \text{ m}^2$ hatten, mikrometeoritische Partikel mit Massen von $7 \cdot 10^{-8}$ Gramm und größer und Geschwindigkeiten bis zu 15 km/sec gezählt wurden. Vom 3. April bis 12. Mai 1966 wurden in 11,8 Stunden 198 Partikelstöße registriert. Diese Zählrate ist rund 100mal größer als die im interplanetaren Raum abseits der Planeten gemessene. Die registrierten Mikrometeorite wurden in einzelnen Kondensationen von 100 bis 900 km Ausdehnung beobachtet, die jedoch keinerlei Abhängigkeit von der selenographischen Breite oder Länge erkennen ließen. Ein ähnliches wolkenförmiges Auftreten von Mikrometeoriten wurde auch im freien interplanetaren Raum festgestellt. Die wesentlich höhere Dichte der Mikrometeorite in Mondnähe kann nach Ansicht der Verfasser nur dadurch erklärt werden, daß man annimmt, der Mond selbst sei die Quelle der überwiegenden Anzahl der Teilchen. Beim Zusammenstoß eines Meteoriten mit der festen Mondoberfläche kommt es zu einem explosionsartigen Auswurf von Mondgestein, dessen Masse die Masse des einfallenden Meteoriten um ein Vielfaches übertrifft. Der Grad der Zertrümmerung hängt von der Aufschlaggeschwindigkeit und von Zusammensetzung und Struktur des Mondgesteins ab. Die ausgeworfenen Partikel erreichen Geschwindigkeiten zwischen 1 und 3 km/sec , das heißt, vielfach wird die lunare Entweichgeschwindigkeit ($2,37 \text{ km/sec}$) überschritten, so daß die Partikel auf selenozentrischen Bahnen in das Mondfeld gelangen und für gewisse Zeit um den Mond fliegen. Bisher fehlen genügend sichere Daten, um abzuschätzen, wie groß der Zuwachs an Partikeln durch den genannten Prozeß ist, das heißt, wie sich die mittlere Partikeldichte dadurch im interplanetaren Raum erhöht (12).

Nach diesem gedrängten Überblick über die bisherigen Erfolge der Meteoritenforschung in der UdSSR sei noch ein Blick in die Zukunft gewagt. Schon künden sich nämlich auf diesem Gebiete neue Aufgaben an, die mit der fortschreitenden Eroberung des Weltraums zusammenhängen. Beispielsweise wird sich der Mensch die Meteorite in naher Zukunft selbst im Weltraum holen. Bereits jetzt werden in der UdSSR (wie auch in den USA) detaillierte Pläne für die Beschaffung und die anschließende Untersuchung von Mondgesteinen ausgearbeitet. In der ersten Phase dieser Entwicklung sollen automatische Stationen auf dem Mond abgesetzt und die Untersuchungsergebnisse durch Funk auf die Erde übertragen werden. In der zweiten Entwicklungsphase wird das Mondgestein durch automatische Stationen sowie schließlich durch bemannte Weltraumschiffe auf die Erde herabgeholt. Forschungsstellen in vielen Ländern, auch in der DDR, warten bereits auf dieses Mondgestein.

Literatur

- (1) Chladny, E. F.: Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen, und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen. Riga 1794
- (2) Stoikowitsch, A.: Über Himmelssteine und ihren Ursprung (russisch). Charkow 1807
- (3) v. Ende, F. A.: Über Massen und Steine, die aus dem Monde auf die Erde gefallen sind. Braunschweig 1804
- (4) Boschke, F. L.: Erde von anderen Sternen, 132, Düsseldorf und Wien 1965
- (5) Krinow, E. L.: Himmelssteine, 13, Leipzig/Jena 1954
- (6) derselbe, S. 16
- (7) Classen, J.: Astronomie und Raumfahrt, 4, 110 (1966)
- (8) Krinow, E. L.: Chemie der Erde, 21, 195 (1961)
- (9) Fessenkow, W. G.: Astr. J. SSR, 38, 4, 577 (1961)
- (10) Krinow, E. L.: Chemie der Erde, 18, 60 (1956)
- (11) Nasarowa, T. N., A. K. Rybakow und G. D. Komissarow: Berichte Akad. Wiss. UdSSR (russisch), 170, 578 (1966)
- (12) Güntzel - Lingner, U.: Sterne und Weltraum 6, 5, 112 (1967)

M. W. Lomonossow als Astronom

Dipl.-Opt. RUDOLF BRANDT

Am 16. November 1711 wurde einer der bedeutendsten Wissenschaftler, Techniker und Dichter geboren, Michail Wasseljewitsch Lomonossow. Mit Recht gilt er als Begründer der wissenschaftlichen Forschung in Rußland. Er war als Professor der Chemie Mitglied der von Peter I. ins Leben gerufenen Akademie der Wissenschaften in Petersburg und zugleich Gründer der Moskauer Universität, die heute seinen Namen trägt. Ähnlich wie für Leonardo da Vinci gab es für Lomonossow fast kein Gebiet der damaligen Naturwissenschaften und der Technik, auf dem er sich nicht betätigt hätte. So ist es nicht überraschend, daß er auch verschiedene sehr bedeutende astronomische Arbeiten und Beobachtungen hinterlassen hat, sowie Konstruktionen astronomischer, geodätischer und nautischer Instrumente.



Von ganz besonderem Interesse sind seine Beobachtungen des Venus-Durchgangs am 26. Mai/6. Juni 1761 und im Zusammenhang damit erhebt sich die Frage, wer zuerst auf das Vorhandensein einer Atmosphäre der Venus aufmerksam gemacht hat: der deutsche Astronom Johann Hieronymus Schröter (1745–1816, Erfurt, Lilienthal bei Bremen) oder Wilhelm Herschel (1738 bis 1822, Hannover, Slough/England), die beide im Jahre 1792 auf eine Venus-Atmosphäre hinwiesen oder Lomonossow (1711–1765, Cholmogory/Dwina, Petersburg)?

Am 26. Mai julianischen bzw. 6. Juni 1761 gregorianischen Datums beobachtete Lomonossow mit zwei Assistenten des Akademie-Observatoriums, A. D. Krassilnikow und N. G. Kourganow, einen der seltenen Venus-Durchgänge vor der Sonne. Die beiden Assistenten gehörten dem alten Akademie-Observatorium an, das von einem Freund Lomonossows, Joseph Nicolas Delisle (1688–1768, Paris; 1725–1747 in Rußland; seine Schüler waren die berühmten Astronomen Lalande und Messier) geschaffen wurde.

In seinem Hause hatte Lomonossow einen Refraktor von $4\frac{1}{2}$ Fuß (1 preuß. Fuß = 0,314 m) aufgestellt, der zwar eine beträchtliche chromatische Aberration aufwies, in der Gesichtsfeldmitte jedoch gute Bilder ergab. Obzwar die Erlangung genauer Kontaktzeiten des Ein- bzw. Austritts der Venus an der Sonne der Hauptzweck der Beobachtungen war, macht Lomonossow „auf Merkwürdigkeiten hinsichtlich des physikalischen Anblicks des Phänomens“ aufmerksam und gerade dies sollte sich als eine seiner bemerkenswertesten Entdeckungen herausstellen: das Vorhandensein einer Atmosphäre um die Venus.

Leider wurden diese Beobachtungen erst sehr viel später in Band V von Lomonossows gesammelten Abhandlungen, durch I. Sukholminow, 1891–1902, veröffent-

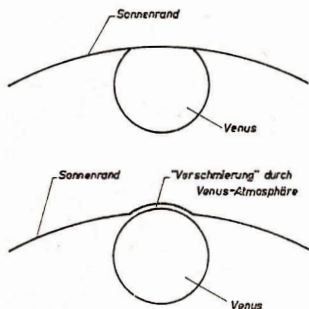


Abb. 1: Verschmierung des Sonnenrandes durch die Venus-Atmosphäre.

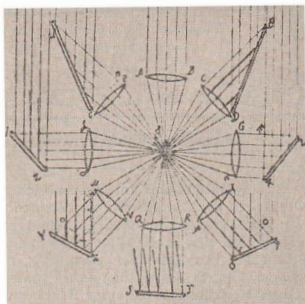


Abb. 2: Skizze des Sonnenofens, den Lomonossow konstruierte.

licht und daher galt lange Zeit vor allem Schröter als der alleinige Entdecker der Venus-Atmosphäre.

Die in Abb. 1 (oben) wiedergegebene Zeichnung, nach einer Darstellung von Lomonossow, kommentiert er dahingehend, „daß der Eintritt der Planetenscheibe in die helle Scheibe der Sonne mit einer eigentümlichen Verschmierung des Sonnenrandes verbunden war“; die gleiche Erscheinung wurde auch wieder beim Austritt beobachtet und Lomonossow sagt weiter: „der Planet Venus ist von einer beträchtlichen Atmosphäre umgeben, ähnlich derjenigen, die unsere Erde umgibt, vielleicht noch größer“.

In der Zeichnung ist Venus durch den Kreis dargestellt und die der Venus-Atmosphäre zugeschriebene Ausbuchtung des Sonnenrandes verschwand erst, als die Venus nicht mehr völlig innerhalb der Sonne stand.

Zahlreiche Beobachtungen bis zur Neuzeit, zuletzt mit Radar und Raumsonden, haben das Vorhandensein der Venus-Atmosphäre und ihrer vermutlichen Besonderheiten zu klären versucht und es sei diesbezüglich auf die zahlreichen veröffentlichten Einzelheiten verwiesen: eine fast lückenlose Forschungstätigkeit von Lomonossows ersten Wahrnehmungen bis in unsere Tage, da die sehr dichte Venus-Atmosphäre zum festen Wissenschaftsbegriff geworden ist.

Die Beobachtungen von Lomonossow allerdings werden erst unsere Nachkommen im Jahre 2004 bzw. 2012 wieder anstellen können, denn erst dann werden die beiden nächsten Venus-Durchgänge stattfinden; der letzte ereignete sich 1882.

Von einer speziellen Erscheinung als Folge der lichtstreuenden Venus-Atmosphäre aber kann sich der Sternfreund verhältnismäßig oft dann überzeugen, wenn der Planet nahe der unteren Konjunktion zur Erde steht: das sogenannte Übergreifen der Sichelspitzen; mit großen Instrumenten läßt sich dann mitunter ein geschlossener Lichtring feststellen.

Mit der Beobachtung des Nordlichtes, atmosphärisch-elektrischer Erscheinungen und der Kometen hat sich der große Forscher gleichfalls beschäftigt; außerdem trat er konsequent für das kopernikanische Weltbild ein.

Von seinen Arbeiten auf dem Gebiet der praktischen Optik seien die folgenden Instrumente erwähnt:

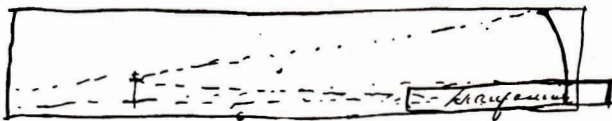


Abb. 3: Skizze eines Spiegelfernrohrs mit Planhilfsspiegel nach Lomonossow.

Ein „Nachtfernrohr“ mit großer Lichtstärke zur Beobachtung entfernter irdischer Objekte in der Dunkelheit; ein „Sonnenofen“, bei dem im gemeinsamen Brennpunkt von acht großen Sammellinsen und entsprechender Anordnung dazugehöriger Planspiegel eine große Hitze entsteht (Abb. 2, S. 123), die er als Chemiker z. B. zum Schmelzen von Kristallen ausnutzte; ein Spiegelteleskop mit geneigtem Hauptspiegel, ähnlich der wenige Jahre später von Herschel benutzten Bauart. Während jedoch Herschel das nahe der Rohrwand entstandene Bild direkt betrachtete, fügte Lomonossow einen kleinen Plan-Hilfsspiegel ein, der das Licht in Richtung zum Hauptspiegel zurückwarf, so daß das Bild in Richtung des zum Himmels zielenden Fernrohrs betrachtet werden konnte (Abb. 3, oben). Etwas mehr als 100 Jahre später, 1876, wurde diesem Fernrohrtypus von den Wiener Optikern Forster und Fritsch mit zusätzlich geneigtem negativen Hilfsspiegel eine optisch vollkommenere Form in dem sogenannten Brachyt-Teleskop gegeben.

Auf mechanischem Gebiet sind zu erwähnen ein mit vierfacher Antriebsvorrichtung versehenes und dadurch gleichmäßiger laufendes Schiffschronometer und eine „kardanisch“ aufgehängte Beobachtungsplattform für astronomische Beobachtungen von Schiffen aus, um den Beobachter vor den Schwankungen des Schiffes zu schützen.

Der Mond

Prof. A. A. MICHAILOW

Das Interesse am Mond, unserem nächsten kosmischen Nachbarn, ist in den letzten Jahren sehr gestiegen, denn die Zeit ist nicht mehr fern, da ein Mensch seinen Fuß auf die Mondoberfläche setzt. Ein bemannter Flug zum Mond erfordert jedoch umfangreiche und zuverlässige Kenntnisse über diesen Himmelskörper. Deshalb untersuchten Wissenschaftler verschiedener Disziplinen den Mond jetzt intensiver. Sie werten das im Laufe vieler Jahrhunderte angesammelte Wissen über den Trabanten unserer Erde aus und ergänzen es auf Grund neuerer Forschungen.

Die Kosmonautik, genauer gesagt die Selenonautik (selena, griech. der Mond), verlangt Kenntnisse der Geometrie, Dynamik, Physik und Geologie. Sie setzt ein sicheres Wissen über die Entfernung des Mondes, die Gesetze der Bewegung des Mondes um die Erde und beider Himmelskörper um die Sonne, über seine Abmessungen, Gestalt, Masse, Dichte, seine Anziehung und sein Gravitationsfeld, seine physikalischen Verhältnisse und über seinen Oberflächenaufbau voraus.

Auch die Frage nach der Entstehung des Mondes hat große Bedeutung. Ihre Klärung wird wertvolle Aufschlüsse geben, wenn sie auch nicht unmittelbar mit der Landung des Menschen auf dem Mond in Zusammenhang steht.

Erd- und Mondmasse

Wesentlich nicht nur für die Astronomie, sondern auch für die Kosmonautik ist das Massenverhältnis von Mond und Erde. Die Massen von Planeten, die Monde besitzen, lassen sich sehr genau aus dem dritten Keplerschen Gesetz bestimmen. Auf diese Weise kann man aber nur die Massensumme von Erde und Mond erhalten, und es ist sehr schwierig, die Massen einzeln zu bestimmen. Das liegt daran, daß sich der Massenmittelpunkt des Systems Erde – Mond auf einer Kreisbahn um die Sonne bewegt.

Um diesen gemeinsamen Schwerpunkt, der sich im Erdinnern etwa Dreiviertel des Erdradius vom Erdmittelpunkt entfernt befindet, führen Erde und Mond einen Umlauf in der Periode des siderischen Monats von rund 27,32 Tagen aus. Die schwerere Erde führt einen kleineren Kreis aus, der nur wenig vom gemeinsamen Schwerpunkt abweicht, während der leichtere Mond weit von diesem Schwerpunkt entfernt kreist.

Das Verhältnis der Massen läßt sich bestimmen, wenn man den Abstand ermittelt, um den die Erde vom Massenzentrum abweicht. Das ist nur durch Beobachtung eines genügend nahen Körpers des Sonnensystems möglich. Der Mond ist dafür ungeeignet, da er sich mit der Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt dreht. Am besten eignen sich Planetoiden während ihrer Annäherung zur Erde. Der Planetoid Eros kam der Erde im Jahre 1931 auf 0,15 AE (Astronomische Einheiten) nahe, das heißt, er war nur noch 22 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Aus den Beobachtungen dieses Planetoiden, die von 26 Observatorien verschiedener Länder durchgeführt wurden, berechnete der englische Astronom Spencer Jones das Massenverhältnis von Erde und Mond zu 81,27. In neuerer Zeit durchgeführte Untersuchungen der Bewegungen der künstlichen Erdsatelliten nach der dynamischen Methode erbrachten fast denselben Wert. Es wurde bestätigt, daß die Mondmasse 81,30mal geringer ist als die der Erde.

Die Masse der Erde beträgt bekanntlich $5,98 \cdot 10^{24}$ kp und ihre mittlere Dichte $5,52 \text{ g/cm}^3$. Hiernach beträgt die Masse des Mondes $7,35 \cdot 10^{22}$ kp und seine mittlere Dichte unter Berücksichtigung seines Volumens $3,34 \text{ g/cm}^3$, was 0,56 der Erddichte entspricht. (Der lineare Mondradius ist gleich 0,27253 des äquatorialen Erdradius.)

Der Mond ist also bedeutend leichter als die Erde. Die große mittlere Dichte der Erde ist durch das Vorhandensein ihres schweren Metallkerns zu erklären. Dem Mond fehlt offenbar ein solcher Kern. Die meisten Gesteine, zum Beispiel Basalt, haben eine Dichte bis zu 3,1, was der Dichte des Mondes näherkommt. Das läßt den Schluß zu, daß der Mond ziemlich homogen sein muß, weil infolge der kleinen Abmessungen der Druck in seinem Zentrum verhältnismäßig klein und die Materie nur gering verdichtet ist.

Wenn man die Masse M und den Radius R des Mondes kennt, kann man die Anziehungskraft auf seiner Oberfläche und die Schwerebeschleunigung errechnen. Auf der Erde beträgt die Schwerebeschleunigung im Mittel 980 cm/s^2 , während die des Mondes sechsmal geringer ist, nämlich 162 cm/s^2 . Die geringe Schwerkraft auf dem Mond hat zweifellos große Bedeutung für die Gestaltung seines Oberflächenreliefs.

Diese Angaben genügen, um die parabolische Geschwindigkeit für den Mond oder die sogenannte Entweichgeschwindigkeit zu errechnen. Ein Körper, dem man diese Geschwindigkeit verleiht, überwindet die Schwerkraft des Mondes und entfernt

sich in die Unendlichkeit. Im allgemeinen ist sie gleich $\sqrt{2 Rg}$ (R = Radius des Himmelskörpers, g = Schwerebeschleunigung auf der Oberfläche). Für die Erde beträgt diese Geschwindigkeit etwa 11,2 km/s, für den Mond dagegen nur 2,42 km/s, das heißt, sie ist viereinhalbmal geringer. Eine derartige Geschwindigkeit schafft günstige Voraussetzungen für die weiche Landung eines Raumschiffs auf dem Mond, da Treibstoff für das Abbremsen eingespart werden kann. Diese geringe parabolische oder Entweichgeschwindigkeit ist aber auch der Grund dafür, daß der Mond keine Atmosphäre besitzt. Die Kreisbahngeschwindigkeit, die man einem Körper mindestens erteilen muß, um ihn zu einem Satelliten zu machen, ist $\sqrt{2}$ mal kleiner als die Entweichgeschwindigkeit und beträgt etwa 1,71 km/s.

Der Mond ohne Atmosphäre

Nach der kinetischen Gastheorie hängt die mittlere Geschwindigkeit eines Gasmoleküls von seinem Molekulargewicht und der Temperatur ab. Bei 100 °C – und eine solche Temperatur gibt es auf dem Mond – beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Sauerstoffmoleküle etwa 0,54 km/s, der Stickstoffmoleküle 0,57 km/s. In einer Gasmenge gibt es jedoch viele Moleküle, deren Geschwindigkeit den mittleren Wert um das Drei- bis Vierfache überschreitet. Gelangen solche Teilchen in die oberen Atmosphärenschichten eines Planeten, dann entweichen sie in den kosmischen Raum. Angenommen, die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle wäre dreimal so gering wie die parabolische. In diesem Fall wäre schon nach einigen Wochen die Hälfte der Atmosphäre im Weltraum verstreut. Wäre sie viermal so gering, dann würde die Verflüchtigung der Atmosphäre über ein Jahrtausend dauern. Für einen Himmelskörper ist jedoch auch dieser Zeitraum äußerst kurz. Aus diesem Grunde besitzen weder der Mond noch der Planet Merkur eine Atmosphäre.

Die Libration des Mondes

Der Mond wendet der Erde immer dieselbe Seite zu, weil er eine gebundene Rotation besitzt; ihre Periode gleicht seinem Umlauf um die Erde, das heißt dem siderischen Monat von 27,32 Tagen. Diese Periode darf man nicht mit dem synodischen Monat verwechseln, der im Mittel 29,530 588 Tage hat. Es ist der Zeitraum zwischen zwei Mondphasen und stellt die Bewegung des Mondes in bezug auf die Sonne dar.

Bei der Rotation des Mondes tritt eine interessante Erscheinung auf, Libration genannt. So bezeichnet man die geringfügigen Schwankungen des Mondes nach links und rechts, nach oben und unten im Verhältnis zu der die Mitte von Mond und Erde verbindenden Geraden. Diese Erscheinung wird dadurch hervorgerufen, daß die Geschwindigkeit der Mondrotation (mit Ausnahme der sehr geringen physikalischen Libration, von der später die Rede sein wird) gleichmäßig bleibt, während sich die Umlaufgeschwindigkeit des Mondes dauernd verändert: Der Mond bewegt sich am schnellsten im Perigäum, das heißt im erdnächsten Punkt, und am langsamsten im Apogäum, dem erdfernsten Punkt. Der Unterschied zwischen diesen Winkelgeschwindigkeiten ruft die Libration in Länge hervor, die fast 8° erreicht. Außerdem ist die Mondbahn um 5° zur Ebene der Erdbahn (Ekliptik) und der Mondäquator um 1,5° zur Ebene der Mondbahn geneigt, was die Libration in Breite bewirkt, die somit 6,5° betragen kann.

Besonders interessant ist die sogenannte physische Libration des Mondes. So bezeichnet man sehr kleine schwankende Bewegungen des Mondes um seine ungefähr zur Erde weisende Längsachse. Diese Schwankungen werden dadurch hervorgerufen, daß der Mond ungefähr um einen Kilometer in Richtung zur Erde langgezogen ist, genauer gesagt, er hat die Form eines dreiachsigen Ellipsoids, dessen Längsachse zur Erde gerichtet ist. Das ist auf die erstarrten Flutberge zurückzuführen, die durch die Anziehungskraft der Erde hervorgerufen wurden.

Die Theorie der physischen Libration des Mondes und die Beobachtung dieser Erscheinung ermöglichen es, die Form des Mondkörpers genau zu bestimmen. Diese weicht von der Kugelform mehr ab, als man wegen der langsamen Rotation des Mondes und der Gezeitenwirkung der Erdanziehung erwarten sollte. Wenn sich der Mond einst in flüssigem oder zumindest plastischem Zustand befunden hat, so ist anzunehmen, daß er gerade bei einer seiner heutigen Form entsprechenden Rotationsgeschwindigkeit und bei der zugehörigen Entfernung von der Erde erstarrte und seit langer Zeit diese Form aufweist.

Zweifellos war der Mond früher der Erde sehr viel näher und besaß eine ziemlich schnelle Rotation. Sie wurde allerdings infolge Reibung der großen Flutwellen, hervorgerufen durch die Erdanziehung, gebremst. Diese Reibung hielt so lange an, bis die Rotationsdauer des Mondes seinem Umlauf um die Erde gleich und der Mond der Erde immer dieselbe Hälfte zukehrte. Nur eine geringe Abweichung in Form der physischen Libration blieb, die durch die nunmehr erstarrten Flutberge verursacht wird.

Die Entstehung des Mondreliefs

Es gibt zwei prinzipiell unterschiedliche und gegensätzliche Theorien zur Entstehung des Mondreliefs, die endogene oder Vulkanhypothese und die exogene oder Meteoritenhypothese.

Die Vertreter jeder Theorie suchen alle auf der Mondoberfläche zu beobachtenden Formen nur nach der eigenen Hypothese zu deuten. Die Wahrheit dürfte jedoch zwischen diesen Extremen liegen und ein Teil der Mondkrater durch innere, der andere durch äußere Kräfte entstanden sein. Die Existenz der bisweilen randvollen Ringgebirge (Krater Wargentini) oder der in Rinnen gelegenen kleinen Krater läßt sich zum Beispiel ohne Vulkantätigkeit nicht erklären. Andererseits befinden sich an den Rändern der großen Ringgebirge und Rundformen oft auch Krater, die zweifellos durch Meteoriteneinschlag entstanden sind. Die gleiche Entstehungsursache haben vermutlich die sehr kleinen Krater, die mehr oder weniger gleichmäßig über die Mondoberfläche verteilt sind. Für diese Annahme spricht die Tatsache, daß alle Meteorite, selbst die kleinsten, ungehindert die Mondoberfläche erreichen, da den Mond keine schützende Atmosphäre umgibt, in der die Meteorite verglühen und zerfallen. Nachforschungen haben ergeben, daß es auf der Erde viel mehr Meteoritenkrater gibt, als man früher angenommen hat; allerdings wurden die meisten davon durch Erosion, die auf dem Mond fehlt, stark zerstört.

Bei der Entstehung des Mondreliefs haben also der Vulkanismus wie auch der Meteoriteneinschlag als treibende Kräfte gewirkt, wobei die Merkmale der vulkanischen Entstehung noch augenfälliger hervortreten. Oft ist jedoch schwer zu bestimmen, ob Vulkanismus oder Meteoriteneinschlag das eine oder andere Detail formte. Viele Krater und Ringgebirge können sowohl durch vulkanische Tätigkeit als auch durch Einschlag großer Meteoritenkörper entstanden sein. Es wurden Versuche mit Kugeln durchgeführt, die man in eine dicke Pulverschicht oder in eine plastische Masse fallen ließ. Dabei entstanden kreisförmige Gruben mit erhöhten Rändern, manchmal auch mit Erhebungen im Innern, die den typischen Zentralbergen der Mondkrater ähneln. In der Größe unterscheiden sich allerdings die Mondkrater sehr von den Vulkanen auf der Erde, denn der Durchmesser mancher Mondkrater, genauer gesagt, der Ringgebirge, überschreitet 100 km. Ihr Boden liegt gewöhnlich niedriger als die Umgebung, der innere Rand des Ringwalles ist steil und abschüssig, der äußere nur schwach geneigt.

Berechnungen ergaben, daß gewöhnlich das Volumen des Walles fast mit dem Rauminhalt der Vertiefung übereinstimmt, und das spricht für die Entstehung eines solchen Kraters durch Meteoriteneinschlag, wobei das Gestein aus dem Trichter

herausgeworfen wurde. In einigen Fällen konnte die Mondrinde den Einschlag abschwächen, und die hervorbrechende Lava füllte den Kratertrichter mehr oder weniger aus. Nach der Vulkantheorie gleichen die Mondkrater weniger den irdischen Vulkanen als den ringförmigen Krateröffnungen und Lavaseen, wie sie häufig auf der Erde anzutreffen sind.

Kosyrews Entdeckung

Den Nachweis einer vulkanischen Tätigkeit auf dem Mond erbrachte der sowjetische Astrophysiker Kosyrew. In einem am 3. Oktober 1958 im Astrophysikalischen Observatorium der Krim gewonnenen Spektrogramm entdeckte er eine grelle Emission ausgestoßenen Wasserstoffs. Im Spalt des Spektrographen befand sich der Zentralberg des Kraters Alphonsus. Nur auf einem der Spektrogramme war zu erkennen, daß aus einer Spalte am Abhang des Zentralberges oder sogar aus dem Kraterschlund plötzlich der Ausstoß einer großen Gasmenge erfolgte, die bis dahin unter Druck im Mondinnern eingeschlossen war. Das Gas dehnte sich im luftleeren Raum rasch aus, kühlte sich ab und gelangte unter Einwirkung der kurzwelligen Sonnenstrahlung zur Fluoreszenz, wobei ein Spektrum entstand, das einem Kometenspektrum mit den charakteristischen Banden der Wasserstoffmoleküle sehr ähnlich war. Der Ausbruch dauerte nicht lange, und das Gas verflüchtigte sich rasch in den kosmischen Raum.

Auch andere Merkmale einer noch anhaltenden vulkanischen Tätigkeit wurden festgestellt. Der Mond ist also keineswegs als völlig toter Körper anzusehen. Unmittelbare vulkanische Ausbrüche konnte man jedoch bisher niemals beobachten.

Die Entstehung des Mondes

Die Frage nach der Entstehung des Mondes läßt sich nur sehr schwer beantworten. Im Vergleich zu den Trabanten anderer Planeten unterscheidet sich der Mond hinsichtlich Masse und Größe relativ zur Erde. Wie wir bereits erwähnt haben, beträgt die Mondmasse 1/81 der Erdmasse, und der Durchmesser des Mondes beträgt 3476 km, das sind 0,27 des Erddurchmessers. Die entsprechenden Zahlenwerte der anderen Planeten und ihrer Trabanten, selbst der massereichsten und größten, weisen ein ganz anderes Verhältnis auf. So ist die Masse des Titans – des größten Saturnmondes – 4000mal und der Durchmesser 27mal geringer als Masse und Durchmesser des Saturn, und für Europa – den größten Jupitermond – entspricht dieses Verhältnis 1/12000 für die Masse und 1/27 für den Durchmesser.

Deshalb kann man das System Erde – Mond eher als einen Doppelplaneten bezeichnen. Natürlich liegt der Gedanke nahe, daß Erde und Mond früher ein einziger Körper waren, der sich dann in zwei Körper teilte. Eine solche Theorie wurde gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts von George Darwin, dem Sohn des berühmten Naturforschers, ausgearbeitet. Bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts hatte der schottische Mathematiker McClorin die Gleichgewichtsfigur einer rotierenden flüssigen Masse untersucht. Beim Fehlen der Rotation nimmt eine solche Masse, nur der Anziehungskraft aller ihrer Teile überlassen, Kugelform an. Die Rotation ruft eine Zentrifugalkraft hervor. McClorin bewies, daß die Masse in Richtung der Drehachse plattgedrückt wird und der Körper die Form eines zweiaxigen Ellipsoids annimmt. Diese Drehfläche entsteht, wenn eine Ellipse um die kleine Achse rotiert. So verhält es sich, solange die Winkelgeschwindigkeit der Drehung eine bestimmte Grenze nicht überschreitet. Der deutsche Mathematiker Jacobi fand im 19. Jahrhundert, daß andererseits die Gleichgewichtsfigur in ein dreiaxiges Ellipsoid übergeht, das in seiner Form an eine lange Gurke oder sogar an eine Zigarre erinnert. Was bei noch schnellerer Drehung geschieht, blieb unbekannt, bis drei große Mathematiker – Poincaré in Frankreich, George Darwin in England und Ljapunow in Rußland – unabhängig voneinander die birnenförmige

Gestalt eine Apoioides erhielten. Es zeigte sich, daß beim dreiachsigen Ellipsoid ein Ende sich abzurunden beginnt, während umgekehrt das andere sich ausdehnt und einen Hals bildet, der sich verjüngt. Schließlich zerreißt der Körper in zwei verschieden große Teile, die um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen.

Diese Forschungen dienten George Darwin als Grundlage für seine Theorie über die Entstehung des Mondes. Danach stellten Erde und Mond ursprünglich eine gemeinsame, langsam rotierende glühende Masse dar. Beim Abkühlen zog sich die Masse zusammen, was einem bekannten Gesetz der Mechanik zufolge eine Beschleunigung der Rotation und eine Vergrößerung der Zentrifugalkräfte bewirkte. Die Form der Masse ging von einem Rotationsellipsoid in ein dreiaxiges Ellipsoid über. Durch weitere Verdichtung nahm die Masse birnenförmige Gestalt an. Eine Einschnürung entstand, bis sich schließlich ein Teil vom Hauptteil trennte und den Mond bildete. Nun trat die Gezeitenreibung auf, die nach und nach die Rotation der Erde verlangsamte und den Mond zwang, sich allmählich von der Erde zu entfernen. Es wurde sogar berechnet, daß im Augenblick des Losreißen die Rotationsperiode, also die Länge des Tages (und des Monats), zweieinhalb Stunden betrug. Infolge der Gezeitenreibung vergrößerte sich die Dauer von Tag und Monat, bis sie die heutige Zeitdauer erreichten und die Entfernung zwischen Erde und Mond 60 Erdhalbmesser betrug. Diese Entfernung wird sich in der Zukunft weiter vergrößern, wobei auch Tag und Nacht länger werden.

Diese Theorie fand durch die Harmonie und Einfachheit weite Verbreitung. Es wurde verständlich, warum der Mond im Vergleich zur Erde eine so geringe Dichte aufweist, die nahe der Dichte der wichtigsten Gesteine liegt, aus denen die obere Schicht der Erde besteht. Einige Geologen vermuteten sogar, daß die Senke des Stillen Ozeans die Stelle sei, aus der der Mond herausgerissen wurde.

Zweifel an der Theorie tauchten auf, als man die Stabilität, das heißt die Möglichkeit der längeren Existenz einer birnenförmigen Figur untersuchte. Poincaré und Darwin hielten eine solche Figur für stabil, während Ljapunow zum entgegengesetzten Resultat gelangte. Erst später bewies der englische Astronom Jeans, daß Ljapunow im Recht war. Die birnenförmige Figur konnte nur im Moment der Abtrennung auftreten. Das war aber nicht der entscheidende Einwand, sondern er bestand darin, daß ein flüssiger Körper die Rochesche Grenze (so wird die kritische Entfernung von einem Zentralkörper genannt, innerhalb der eine isolierte flüssige Masse nicht existieren kann) nicht überschreiten darf. Bei der Erde liegt diese Grenze etwa 2,89 Erdhalbmesser vom Erdmittelpunkt entfernt. Hätte sich der Mond innerhalb dieses Gebietes von der Erde losgerissen, so wäre er durch die Wirkung der Erdanziehung zerplatzt. Auch noch andere Fakten wurden entdeckt, die gegen eine Abtrennung des Mondes von der Erde sprechen.

Zweifellos besitzt die Gezeitenreibung als kosmischer Faktor große Bedeutung für die Entwicklung des Systems Erde-Mond. Mit ziemlicher Sicherheit ist auch anzunehmen, daß der Mond früher der Erde sehr viel näher war als heute. Tag und Monat müssen kürzer gewesen sein und sich nun bei wachsender Entfernung des Mondes von der Erde allmählich verlängern.

Neuerdings hat der deutsche Theoretiker Gerstenkorn eine Theorie ausgearbeitet, die der bedeutende schwedische Wissenschaftler Alfvén weiterentwickelt und ergänzt hat. Der Dichte nach kommt der Mond dem Mars nahe, dessen Dichte etwa $3,85 \text{ g/cm}^3$ beträgt, und Gerstenkorn nimmt an, daß der Mond ursprünglich ein selbständiger Planet gewesen ist, der sich auf einer stark exzentrischen Umlaufbahn in entgegengesetzter Richtung bewegte (im Vergleich zu den anderen großen Planeten). Infolge der großen Exzentrizität seiner Umlaufbahn gelangte der Mond einmal in Erdnähe. Durch ihre Anziehung veränderte die Erde seine Bewegung und gab der Kreisbahnebene eine starke Neigung. Die bei der Annäherung ent-

standen starken Gezeiten riefen eine beträchtliche Veränderung der Mondbewegung hervor. Die Erde fing den Mond ein und verwandelte ihn in ihren Begleiter. Die Flutwellen, die auf dem Mond durch die Erde hervorgerufen wurden, bremsten seine Bewegung, und im Zusammenhang damit wurde er noch näher an die Erde herangezogen. Die Neigung der Mondbahn zur Ebene der Ekliptik näherte sich 90° , und bei der weiteren Verringerung der Neigung wurde die Bewegung des Mondes rechtsläufig, wonach die Gezeitenwirkung in umgekehrter Richtung verlief und der Mond sich von der Erde zu entfernen begann. Bei einer Neigung von 90° näherte sich der Mond der Rocheschen Grenze, die er aber nicht überschritt. Vermutlich wurde bei einer solchen Annäherung zur Erde ein Teil der Mondmaterie durch die Erdanziehung losgelöst und zerstreute sich teils im Raum, teils fiel sie auf die Erde und teils auf den Mond zurück. Dabei konnte die auf den Mond zurückgefallene Materie bestimmte Details seiner Oberflächenformation bilden, zum Beispiel die großen Krater und die Ringgebirge. Die auf die Erde gefallene Materie wiederum konnte in einem gewissen Maße auf die Entstehung der Festländer und sogar der Erdkruste einwirken, die eine dem Mond ähnliche Dichte besitzen.

Wenn also nach George Darwin der Mond aus den Oberflächenteilen der Erde entstanden ist, so könnte umgekehrt nach Alfvén die obere Schicht der Erde teilweise lunarer Herkunft sein.

Mit freundlicher Genehmigung des Urania-Verlages Leipzig, auszugsweise entnommen dem 3. Band des Jahrbuches „Wissenschaft und Menschheit“.

Überreste von Supernovae

Der Ausbruch einer Supernova ist nach Dr. I. S. Shklovsky vom Astronomischen Institut Sternberg in Moskau immer noch eines der großen Rätsel der modernen Astrophysik. Die verschiedenen Erscheinungen, die während und nach einer Super-Nova-Explosion beobachtet werden, sind noch lange nicht geklärt, ganz zu schweigen von der Ursache der Katastrophe.

In einem Bericht (im A. J.) des sowjetischen Wissenschaftlers über die Beschaffenheit der von einer Super-Nova des Typs II (diese unterscheiden sich vom Typ I dadurch, daß sie im Maximum weniger hell sind, einen Buckel im absteigenden Teil der Lichtkurve aufweisen und ein Spektrum haben, das mehr mit einem Spektrum einer normalen Nova verwandt ist) ausgestoßenen Materie wird vorausgesetzt, daß der Ausbruch einer Typ II Super-Nova eine heftige Explosion in einem Gas mit konstanter spezifischer Wärme darstellt. Shklovsky schildert dann die folgende Reihe von Geschehnissen.

Es wird eine sphärische Schockwelle erzeugt, die sich rasch ausdehnt. Während der ersten wenigen Jahrhunderte, bevor die interstellare Materie diese Expansion spürbar abbremsen kann, beträgt die Temperatur hinter dieser Schockwelle mehr als 100 Millionen Grad Kelvin. Später, wenn die Front bis zu einem Radius von 25 Parsec gewachsen ist, beträgt die Temperatur des Gases hinter der Front nur noch einige wenige Millionen Grad und kühlt rasch ab. In diesem Stadium kann, als Resultat der Durchdringung von Wellenfronten, hervorgerufen durch ungleichmäßige Verteilung der interstellaren Materie, ein Schleiernebel entstehen, welcher aus verhältnismäßig kühlem und dichtem Plasma besteht. Die Theorie deutet an, daß diese Schleier (Filamente) in einem sehr heißen und verdünnten Plasma mehrere Parsec tief eingebettet sind.

So sollen die Überreste einer Typ II Super-Nova drei Bestandteile aufweisen: Die verhältnismäßig dichten und kühlen Filamente, welche fotografiert werden können, ein großes Volumen, gefüllt mit Partikeln, die sich in magnetischen Feldern mit hohen Geschwindigkeiten bewegen und mit Radio-Teleskopen beobachtet werden können, und ein verdünntes Plasma, welches bis jetzt noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Die Berechnungen von Dr. Shklovsky sagen voraus, daß das heiße Plasma Emissionslinien aufweisen müsse, ähnlich wie in der Sonnenkorona, z. B. diejenige bei 5303 Angström des Eisensatoms, welches 13 Elektronen verloren hat. Obwohl diese Linien schwach sein sollen, geben die berechneten Intensitäten zur Hoffnung Anlaß, sie mit modernen astronomischen Spektrographen nachweisen zu können. Ausführliche Untersuchungen der Korona-Emission in Überresten von Super-Novae würden wertvolle Aufschlüsse über ihre physikalischen Bedingungen geben.

Mitgeteilt von Dipl.-Phys. H. W. Niederhauser, Bern. Nach: Sky and Telescope, 4/1967.



Sommerreise 1967 zur Krimsternwarte und der Stadt der Wissenschaften „Nauchny“

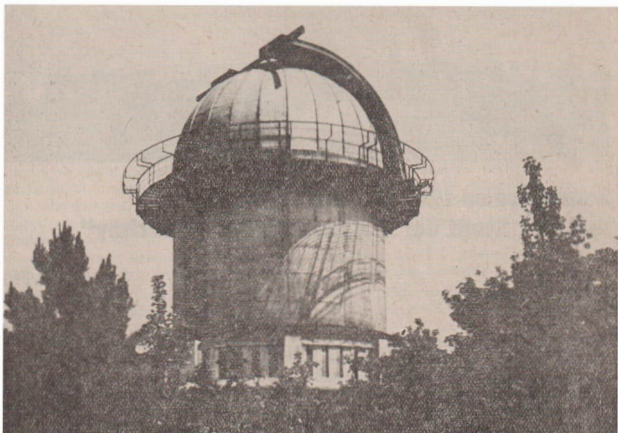
EDGAR OTTO

Nach einem herrlichen Flug vom Zentralflughafen Berlin-Schönefeld, mit Zwischenaufenthalt in Moskau, erreichten wir nach insgesamt rund 3700 Flugkilometern Simferopol, die Bezirkshauptstadt der vom Asowschen und Schwarzen Meer umflossenen Halbinsel Krim. Nach etwa 20 km Autofahrt bogen wir von der Hauptverkehrsstraße Simferopol-Sewastopol in südwestlicher Richtung ab und schraubten uns in unzähligen Kurven noch über den Ort Partisanskoje in höhere Gebiete hinauf, bis wir kurz vor Einbruch der Dunkelheit das großartige Panorama der Krimsternwarte (Abb. oben) mit ihren zahlreichen Kuppeln, der weit ausladenden Front des Verwaltungsgebäudes (Abb. unten) und der zahlreichen Wohnhäuser und Dienstleistungseinrichtungen auf der letzten Höhe vor uns liegen sahen.

Im vorzüglich eingerichteten Gästehaus fanden wir für die nächsten Wochen Unterkunft und Versorgung, so daß wir uns bald wie zu Hause fühlten.

Der amtierende Direktor des Observatoriums, Professor Dr. P. P. Dobronrawin, welcher unsere Sternwarte in Eilenburg seit 1957 mehrmals besucht hatte, war nebst Gattin unser großzügiger Gastgeber, und dank der freundschaftlichen Fürsorge wurde unser Aufenthalt auf der Krim zu einem unvergeßlichen Erlebnis.





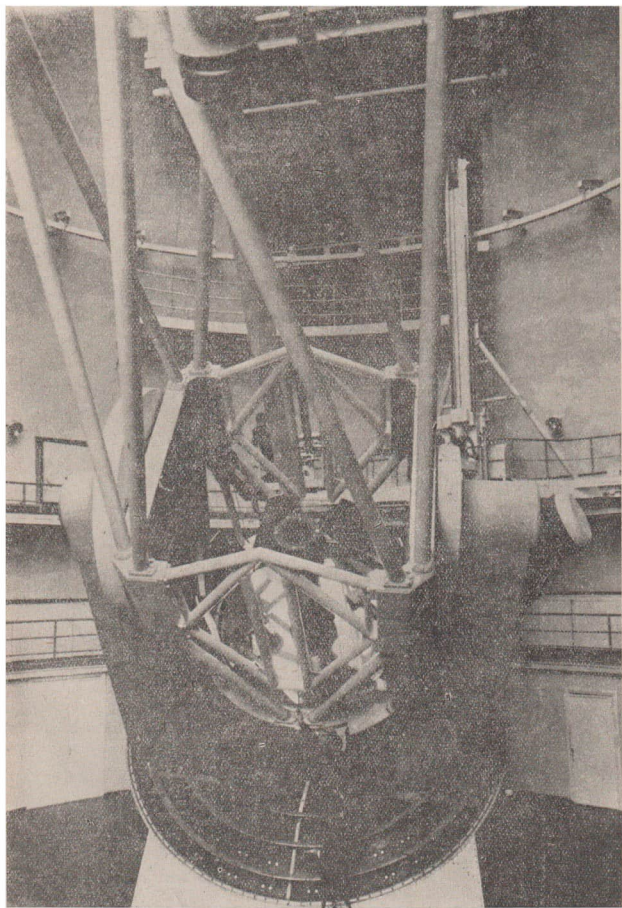
Nachdem uns Prof. Dr. Dobronrawin mit den leitenden Wissenschaftlern des Instituts bekannt gemacht hatte, konnten wir unter seiner Führung sämtliche Stationen und Einrichtungen des Observatoriums besichtigen und ihre Aufgaben in allen Details kennenlernen, mit dem Ziel, in den nächsten Tagen und Nächten an den verschiedenen Forschungsarbeiten teilzunehmen.

Nicht nur den Ausmaßen nach, sondern vor allem wegen der bedeutenden wissenschaftlichen Arbeiten, die dort geleistet werden, war die Station des großen Reflektors ein Hauptanziehungspunkt. Dieses Spiegelteleskop von 2,60 m Durchmesser (Abb. S. 133) in dem gewaltigen Bau mit einer Kuppel von 20 m Durchmesser (Abb. oben) trägt zu Ehren ihres Erbauers den Namen des Akademienmitgliedes G. A. Schain.

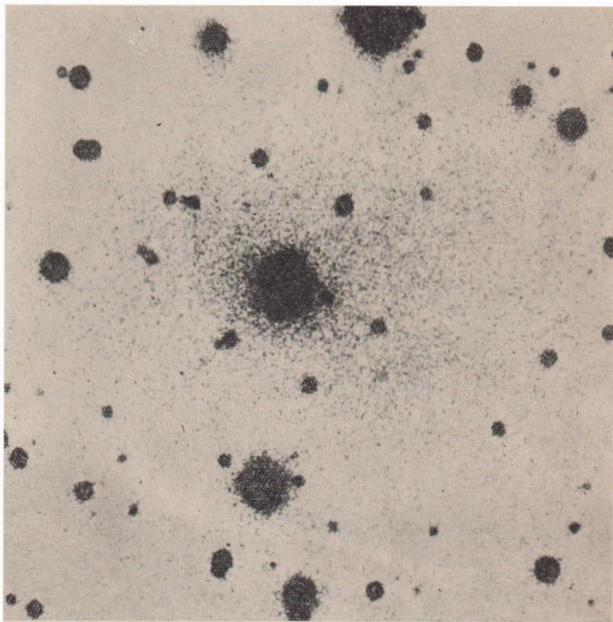
Können wir uns vorstellen, welch sinnreicher Einrichtungen es bedarf, um diesen Koloß von Teleskop mit seiner Masse von 65 Tonnen in der benötigten kontinuierlichen Nachführung mit Sternzeitgenauigkeit zu bewegen?

Und doch reagiert das Teleskop nach einer Vorwahl, in Rektaszension und Deklination durch elektronische Fernsteuerung mit geisterhafter Genauigkeit. In gleicher Weise wird der dreiteilige Kuppelspalt betätigt. Auch die Veränderung der vier optischen Systeme ist ohne große Mühe durch Automation möglich. Der Primärfokus beträgt 10 m, der Fokus in der Einstellung als Cudésystem jedoch 100 m. Wie bei den übrigen noch kurz zu beschreibenden Teleskopen ist auch der 2,6-m-Reflektor mit den Einrichtungen der Multiplier (Helligkeitsverstärker) und der Orthovidicone ausgerüstet.

Es ist sehr interessant, wie hier außer im visuellen Okular das Objekt gleichzeitig auf dem Bildschirm der Elektronenröhre beobachtet werden kann. Das traf gerade zu bei der Verfolgung der in der Sowjetunion am 12. Juni 1965 gestarteten Venussonde; Aufnahmen von ihr wie von der automatischen Station Luna 4 auf dem Wege zum



Spiegelteleskop des Krim-Observatoriums

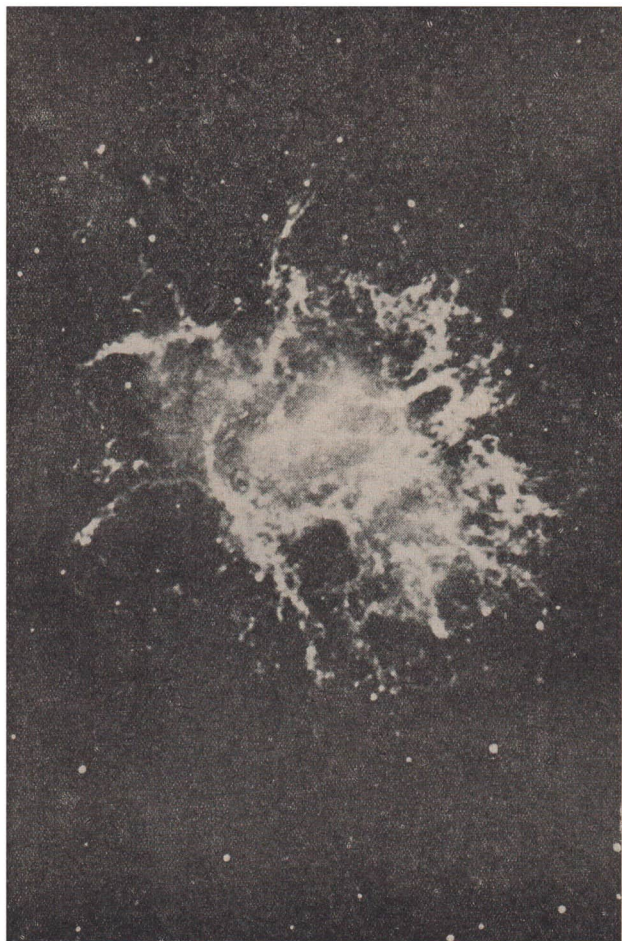


Oben: Die Radiogalaxis Cygnus A im Sternbild des Schwans (Negativ)

In der Intensität der zur Erde gelangenden Radiostrahlung steht dieses mittlere Objekt der obigen Aufnahme von allen diskreten Quellen an zweiter Stelle, seine optische Strahlung ist jedoch sehr schwach. Cygnus A ist fast 600 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. (Nach Prof. W. A. Ambarzumjan). — Das Objekt zeigt zwei vermutlich große spiralförmige Sternsysteme im Zusammenstoß.

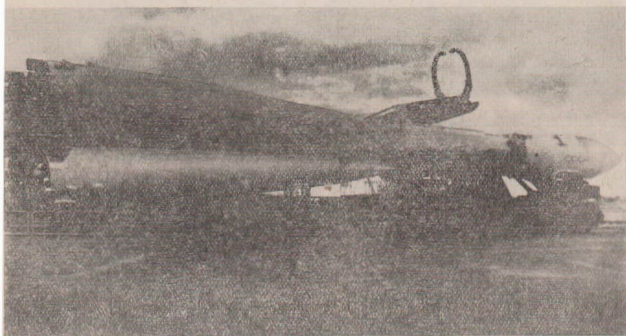
Rechts: Der Krebsnebel (Crabnebel) im Sternbild des Stiers,

der Überrest eines Supernovaausbruchs, den im Jahre 1054 chinesische Astronomen beobachteten, ist eine der mächtigsten Radioquellen. Seine Strahlung ist nur zehnmal schwächer als die Radiostrahlung der Sonne, obwohl diese nur etwa 8 Lichtminuten, der Krebsnebel aber 3000 Lichtjahre von uns entfernt ist. (Nach Dr. W. W. Witkewitsch.)

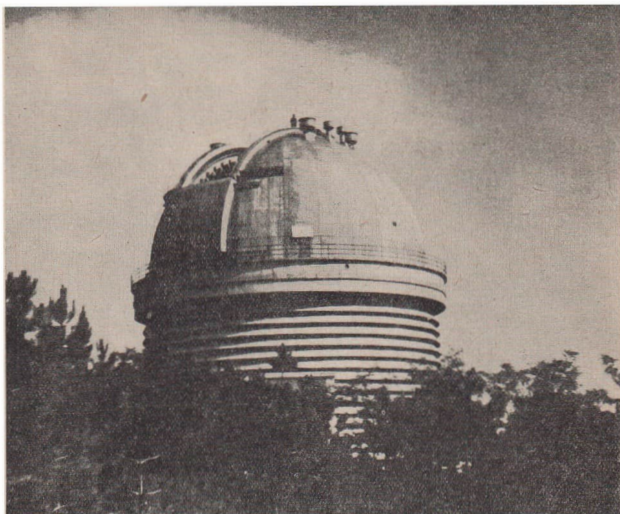




Zu den sowjetischen Exponaten im 26. Internationalen Salon für Luftfahrttechnik auf dem Pariser Flugplatz Le Bourget im Juni 1965 gehörte auch das Modell des ersten Raumschiffes „Wostok“ und des Ejektor-Sitzes (unser Bild), der den ersten Kosmonauten der Welt, Juri Gagarin, wieder zurückbrachte.



Auf dem 27. Internationalen Salon für Aeronautik und Astronautik in Paris-Bourget zeigte die Sowjetunion zum ersten Mal die Trägerrakete ihrer Wostok-Raumschiffe. Das obere Bild zeigt den unteren Teil mit den mächtigen Triebwerken beim Zusammenbau. Das untere Bild gibt die Längsansicht des insgesamt 38 m langen Trägerraketensystems wieder. Die fünf gebündelten Triebwerke werden beim Start gleichzeitig gezündet. Die um den Mittelzylinder angeordneten vier Triebwerke werden nach Brennschluß abgeworfen. Das in der Mitte gelegene Triebwerk brennt länger. Ein sechstes Triebwerk befindet sich oberhalb der Triebwerksbündel. Die Gesamtschubkraft liegt bei 600 t. Der Gesamtdurchmesser der Trägerrakete beträgt am untersten Teil 10,3 m.



Mond (2. 4. 1963) konnte ich meiner Dokumentation einverleiben. Nur mit Hilfe der Elektronik konnten diese Aufnahmen und die der Sonde „Mars 1“ in Verbindung mit der gewaltigen optischen Leistung des 2,6-m-Teleskops erreicht werden.

Auch die Erweiterung unserer Kenntnisse von den Sternspektren, von der Struktur unserer Galaxis und der extragalaktischen Objekte war und ist nur möglich durch den Einsatz solcher überdimensionaler Teleskope, die gewissermaßen elektronisch gesteuert werden und die gewünschten Objekte selbsttätig einstellen.

Ist es daher verwunderlich, daß der Astronomische Rat der Akademie der Wissenschaften der UdSSR beschlossen hat, den Bau des neuen 6-m-Teleskops im Kaukasus zu beschleunigen?

Trotzdem haben natürlich die übrigen Teleskope des Krimobservatoriums keine Verminderung ihrer Aufgaben zu befürchten. Das trifft besonders auch auf das 1,22-m-Spiegel-Teleskop zu, welches nach den vorliegenden Eintragungen vielleicht als das produktivste Fernrohr bezeichnet werden kann. Das bezieht sich vor allem auf die Vielzahl der spektrographischen Arbeiten und die Untersuchungen der Planetenatmosphären.

Ein weiterer Kuppelbau nimmt das 50-cm-Maksutow-Meniskus-Teleskop auf, welchem ein sehr geräumiges Laboratorium angegliedert ist. Hier wird vor allem die Sternphotometrie durchgeführt und wiederum mit einer solchen Verfeinerung der Methoden, wie man sie vor kurzem noch nicht für möglich hielt. Das gleiche gilt auch für die Arbeiten zur Erforschung der Magnetfelder von Fixsternen und Planeten.

Wegen meiner jetzt fast 50jährigen Mitarbeit am Programm der DARGESO (Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Sonnenbeobachtung) für die zentrale Auswertung in Zürich waren für mich die drei Sonnenstationen der Krimsternwarte naturgemäß ein besonderer Anziehungspunkt. Leiter und Mitarbeiter dieser Forschungsstätten haben meine häufige Anwesenheit geduldig ertragen und ich bin ihnen besonders dankbar dafür, daß ich fast drei Wochen lang die gerade zu dieser Zeit sehr aktive Sonne in allen Regungen laufend verfolgen konnte. Nicht nur die Fleckenentwicklung, sondern vor allem die täglich vorhandenen Protuberanzen und Eruptionen, welche der Koronograph für visuelle, fotografische und kinematografische Registrierung liefert, waren unvergeßliche Erlebnisse für mich.

Gleichfalls sind die Ergebnisse welche das Turmteleskop (siehe Abb. S. 138) über den 65-cm-Cölostat mit 35-m-Fokus erzielt, für die spektrographische und magnetographische Erforschung der Sonne von größter Bedeutung.

Spektroheliogramme, Flares, Bursts und überhaupt alle Vorgänge für und durch Eruptionen auf der Sonne als Quellen und Auswirkungen der Radiostrahlung unserer Sonne und ihre Einwirkungen auf die Ionosphäre machten es uns klar, daß auch das große Radioteleskop bei Simeis unbedingt in den Plan unserer Exkursion einbezogen werden mußte. Eine kleine Auflockerung des „Ferienaufenthaltes“ in der Stadt der Wissenschaft durch eine Autofahrt hinunter an das Schwarze Meer war nicht zu verachten.

Über die prachtvolle Autostraße von Simferopol mit doppelter Trolleybuslinie bis Jalta, beiderseits von unübersehbarer Rosenpracht begleitet, besuchten wir die herrlichen Schwarzmeerbuchten von Aluscha. Wir sahen den „Trinkenden Berg“ im Meer bei Garsuf und das Ferienlager der Jungen Pioniere „Artek“.

Immer entlang der gewaltigen Kette des Jailagebirges mit Höhen bis zu 1545 m über NN bleibend, besichtigten wir den bis zum Meeresstrand verlaufenden Botanischen Garten. Das ist wohl eine der ältesten wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gebiete der Akklimatisierung südlicher Kulturen mit etwa 10 000 verschiedenen Pflanzenarten.

Die malerischen Gefilde der Jalta-Bucht mit dem weitgestreckten Badestrand und den einmaligen Uferpromenaden hoben wir uns für einen späteren Besuch auf, denn unser Ziel war die älteste Sternwarte oberhalb Simeis. Das Schicksal dieser in großer Höhe über dem Meer gelegenen Sternwarte, die man erst nach Überwindung von mehr als 40 Serpentincurven erreicht, wird wohl besonders von unserem Gastgeber schmerzlich empfunden. Prof. Dr. Dobronrawin hat hier in jungen Jahren sein astronomisches Praktikum absolviert. Nun standen wir mit ihm an dieser geschichtlichen Forschungsstätte, die während des zweiten Weltkrieges von faschistischen Truppen zerstört wurde.

Wir haben schon darüber berichtet, in welcher großzügiger Weise das neue Krim-Observatorium nach 1945 oberhalb von Partisanskoje erbaut und ausgestattet wurde. Unterhalb Simeis und zwar direkt am Meer haben wir nun Gelegenheit, das große Radioteleskop mit einem Reflektor-Durchmesser von 22 m zu sehen (siehe Abb. S. 140) und in den mit allen Errungenschaften der modernen Technik ausgestatteten Arbeitsräumen seine Funktion zu studieren. Auch hier fanden wir für ihre Tätigkeit begeisterte Astronomen bzw. Astrophysiker und Elektroniker, deren ganzer Einsatz höchsten Leistungen für die einer friedlichen Entwicklung dienenden Forschungsaufgaben gilt.

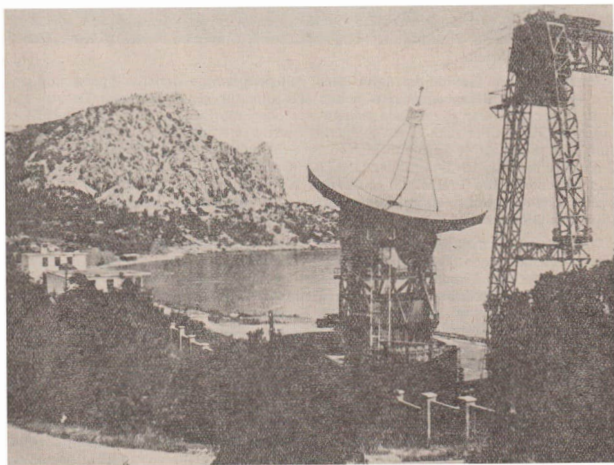
Nach dieser Sonderexkursion wieder zum Hauptobservatorium zurückgekehrt, wäre noch mehr über die Einrichtungen in den acht Kuppelgebäuden und ihre instrumentelle Ausrüstung zu berichten. Das ist jedoch in diesem kurzen Überblick nicht möglich. Ich möchte nur noch mit Dank an die rührige wissenschaftliche Ver-

walterin der Bibliothek und der Dokumentation bestätigen, daß mir die zur Einsicht überlassenen Werke und Zeitschriften wertvolle Bereicherung meiner Kenntnisse brachten.

Nun noch einige Zeilen über das Leben der fast 600 Menschen, die in der Stadt der Wissenschaften „Nauchny“ tätig sind. Sie wohnen in modernen Häusern, 1945 erbaut und von einem zentralen Kraftwerk beheizt. Parkähnliche Anlagen verbinden durch asphaltierte Wege und Straßen die verschiedenen Gebäude. Auch das Klima trägt dazu bei, den Aufenthalt in der Stadt sehr angenehm zu machen. Eine Buchhandlung besorgt geistige Nahrung, dort erhielten wir auch täglich unsere Berliner Zeitungen. Ein eigenes Postamt ist ebenfalls vorhanden. Die Versorgung mit Lebensmitteln und Bedarfsgütern geschieht durch Spezialgeschäfte, welche in einer Ladenstraße vereinigt sind. Ärztliche Betreuung erfolgt in einer Poliklinik durch zwei stationierte Ärzte und Hilfspersonal. Der Verbindung zwischen Simferopol und dem Observatorium dient ein institutseigener Omnibus. Die modern eingerichtete Polytechnische Oberschule besuchen sämtliche Kinder der Stadt bis zur 10. Klasse. Kinder des Vorschulalters werden im Kindergarten betreut, für die Aller kleinsten ist eine Kinderkrippe mit geschultem Personal vorhanden.

Infolge der günstigen Beobachtungsbedingungen auf der Krim hat nun auch das Sternberg-Institut der Lomonossow-Universität Moskau drei Kuppelstationen, Laboratorien und andere Bauten nebst dazugehörigen Wohnbauten im Anschluß an das Astrophysikalische Observatorium der Akademie der Wissenschaften in Nauchny errichtet. Hier machen die zahlreichen Absolventen der Universität ihr Praktikum.

Zum Abschluß dieses Berichtes über unseren Ferienaufenthalt möchten wir nicht versäumen, unserem verehrten Prof. Dr. Dobronrawin auch auf diesem Wege un-



seren herzlichsten Dank auszusprechen. Wir haben durch seine und seiner Gattin Fürsorge unvergeßliche Erlebnisse gehabt. Auch die ständige Hilfsbereitschaft, die Dr. Galanski nebst Gattin übten, wie überhaupt die uns überall entgegengebrachten Beweise einer echten deutsch-sowjetischen Freundschaft haben tiefen Eindruck auf uns gemacht. Wir werden Gelegenheit nehmen, „Gleiches mit Gleichem“ zu vergelten, haben wir doch bereits die Zusage, im nächsten Jahr liebe Gäste in Eilenburg wiederzusehen.

Prof. Dr. Dobronrawin wird außerdem für unsere Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ einige Beiträge schreiben, die unsere Leser über Probleme und Erfolge der Astrophysikalischen Forschung des Krim-Observatoriums unterrichten sollen.

Abschließend sei mir noch gestattet, hinsichtlich der astronomischen Forschungsstätten in Moskau und Leningrad-Pulkowo auf meinen Bericht über die IAU-Tagung 1958 zu verweisen, welcher auf S. 53–58 der „Astronomischen Rundschau“ (des Vorgängers von „Astronomie und Raumfahrt“) Heft 3/1959, veröffentlicht wurde.

Zehn Jahre optische Satellitenbeobachtung in der Deutschen Demokratischen Republik

Prof. EDGAR PENZEL

Als vor 10 Jahren, am 4. Oktober 1957, Sputnik 1 im Rahmen des IGY (International Geophysical Year) die Weltöffentlichkeit überraschte, eröffnete sich für viele Wissenschaftler und Amateure ein neues reizvolles Beobachtungsgebiet.

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik widmete sich eine Reihe von Einrichtungen der Bahnverfolgung dieses neuen künstlichen Himmelskörpers, der als Sendbote friedlicher Forschung sichtbar allen Ländern der Erde Kunde gab von der großen wissenschaftlichen und technischen Schöpferkraft des ersten sozialistischen Staates unseres Planeten.

Neben der Erfassung seiner Funksignale schon auf den ersten Umläufen durch das Observatorium für Ionosphärenforschung Kühlungsborn, das Funkamt der Deutschen Post in Beelitz und durch zahlreiche Amateurfunker, gelang auch schon wenige Tage nach dem Start eine optische Ortung des ersten Satelliten.

Nachdem in den ersten drei Tagen seiner Existenz wolkenverhangener Himmel über dem Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik keine Beobachtung ermöglichte, konnte Sputnik 1 am 8. Oktober 1957 früh 4.55 Uhr MEZ erstmalig vermessen werden. Dieser ersten Vermessung an der Schulsternwarte Rodewisch folg-

ten in den nächsten Tagen bald weitere Beobachtungen in Bautzen, Eilenburg, Jena, Kühlungsborn, Potsdam und Sonneberg.

Alle genannten Stationen sandten ihre erzielten Meßergebnisse an den Astronomen nach Moskau und leiteten damit einen neuen Abschnitt wissenschaftlicher Zusammenarbeit ein. Heute, 10 Jahre später, ist die Zusammenarbeit vielseitig erweitert. Es bestehen zahlreiche wissenschaftliche Verbindungen und viele persönliche, freundschaftliche Kontakte mit sowjetischen Fachkollegen.

Einen nicht unwesentlichen Anteil der wissenschaftlichen Beobachtungsarbeit an den künstlichen Erdsatelliten haben in der Deutschen Demokratischen Republik seit Anbeginn die Schulsternwarten Bautzen, Eilenburg und Rodewisch. Diese genannten drei Stationen, zu denen 1963 noch die Schulsternwarte Schwerin hinzukam, bilden heute auch das optische Satelliten-Stationsnetz unserer Republik. Die wissenschaftliche Tätigkeit dieser Stationen wird seit Beginn dieses Jahres durch die COSPAR-Kommission der Deutschen Demokratischen Republik (COSPAR = Comité on Space Research) und durch die AGIGGZ (Arbeitsgruppe für Internationale Geophysikalische und Geodätische Zusammenarbeit) bei der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin koordiniert.

Eine spezielle Unterkommission „Optische Satellitenbeobachtung“ der COSPAR-Kommission der Deutschen Demokratischen Republik, unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Hoppe, vertritt unsere Republik auf internationalen Arbeitstagungen der multilateralen Kommission der Akademien sozialistischer Länder für das Problem „Wissenschaftliche Untersuchungen mit Hilfe der Beobachtung künstlicher Erdsatelliten“. Zwei solcher internationaler Arbeitstagungen finden jährlich statt. Auf ihnen werden die Arbeiten der Stationen der einzelnen Länder aufeinander abgestimmt. So werden Kooperationszeiträume für internationale Programme festgelegt und neuartige Meß- und Auswertungsmethoden diskutiert, um ein möglichst homogenes Material für wissenschaftliche Untersuchungen zu erhalten.

Unter anderem arbeiten die Stationen der Deutschen Demokratischen Republik an folgenden Beobachtungsprogrammen künstlicher Erdsatelliten mit:

1. Erzielung visueller oder photographischer Positionsvermessungen für Zwecke des Ephemeridendienstes
2. INTEROBS-Programm
3. Bestimmung der drakonitischen Umlaufperiode
4. Programm SPIN

Die Messungen für Zwecke des Ephemeridendienstes „Kosmos Moskau“ stellen die älteste Art der Zusammenarbeit von Satellitenbeobachtungsstationen der Deutschen Demokratischen Republik mit sowjetischen wissenschaftlichen Einrichtungen dar. Während das Rechenzentrum „Kosmos“ Ephemeriden (vorausgerechnete Bahnpunkte) telegraphisch an die einzelnen Stationen übermittelt und diese dadurch in die Lage versetzt, den Flug der Satelliten optisch zu verfolgen, geben die Stationen ihre erzielten Meßergebnisse ebenfalls telegraphisch zurück und gewährleisten somit die „Unter-Kontrolle-Haltung“ der verschiedenen Satelliten.

Im INTEROBS-Programm (INTEROBS = International Observation) künstlicher Erdsatelliten werden, in international vereinbarten Kooperationszeiten (Dauer jeweils 10 oder 20 Tage), ausgewählte Satellitenobjekte von mehreren Stationen aus auf allen den beteiligten Stationen sichtbaren Durchgängen möglichst zahlreich vermessen.

Als Objekte dieses Programms werden solche Satelliten gewählt, die dem Instrumentarium der meisten Satellitenbeobachtungsstationen größenklassenmäßig erreichbar sind und deren Perigäumshöhe zwischen 200 km und 600 km Höhe liegt.

Auf Grund dieser genannten Bedingungen können sich viele Stationen an diesem Spezialprogramm beteiligen, zumal die für dieses Programm geforderten Positionsmeßgenauigkeiten für den Ort $\pm 0^{\circ}.1$ und für die Zeit $\pm 0^s.1$ nicht übersteigen brauchen.

Aufgabe des INTEROBS-Programms ist es, zunächst aus quasisynchronen Wertepaaren zweier oder mehrerer Stationen Radiusvektoren des beobachteten Satelliten zu berechnen, da sich aus mindestens zwei Radiusvektoren die augenblicklichen Bahnelemente eines Satelliten bestimmen lassen.

In der Endkonsequenz ist es das Ziel dieses INTEROBS-Programms, aus den laufenden Veränderungen der Bahnelemente eines Satelliten Rückschlüsse zu ziehen auf den Zustand der Dichte der Exosphäre in den Satellitenhöhen und Korrelationen für diese Dichteänderungen zu finden. Bisher erzielte Ergebnisse unserer Zusammenarbeit in diesem Programm lassen eine ursächliche Beziehung zu den Sonnenflares vermuten.

Das INTEROBS-Programm, an dem sich 1967 etwa 25 Stationen der Sowjetunion und anderer sozialistischer Staaten Europas beteiligen, wurde 1961 durch die ungarischen Stationen Baja und Budapest und die Stationen der Deutschen Demokratischen Republik Bautzen und Rodewisch ins Leben gerufen.

Beobachtungen zur Bestimmung der drakonitischen Umlaufsperiode eines künstlichen Erdsatelliten stellen eine weitere Methode dar, um Einflüsse des Sonnengeschehens auf die äußeren Schichten der Erdatmosphäre zu erkennen. Diese Untersuchungsmethode, die auf den Vorschlag des Mitarbeiters des Astronomischen Rates der Sowjetunion und Leiters der Satellitenbeobachtungsstation Swenigorod, Dr. Lossinskij, zurückgeht, beruht auf dem Gedanken, den Zeitpunkt der Passage des Himmelskörpers durch einen Satelliten zeitlich genau zu erfassen.

Kann eine Station den gleichen Satelliten in mehreren hintereinanderfolgenden Nächten bei seiner Himmelsäquatorpassage vermessen, so läßt sich ohne große Schwierigkeit, die tägliche, mittlere drakonitische Umlaufzeit des Satelliten bis auf 0,001 min genau erhalten. Untersuchungen dieser Art haben gezeigt, daß die Abnahme der Umlaufzeit nicht kontinuierlich erfolgt, sondern daß erhebliche Unregelmäßigkeiten, ja sogar „Sprünge“ auftreten, deren Anlaß offensichtlich die gleichen Ursachen sind, wie sie schon bei der INTEROBS-Methode Erwähnung fanden.

Manche Satellitenobjekte, besonders die in Erdumläufen befindlichen letzten Stufen der Trägerraketen, sind nicht lagestabilisiert und zeigen dem Beobachter Rotationslichtwechsel. Fortlaufende Beobachtungen derartiger Objekte haben nun offenbart, daß die Rotationsperiode eines solchen Körpers variabel ist. Der Leiter der sowjetischen Station Kischinow (Moldauische SSR), Dr. Grigorjewskij, schlug deshalb vor, parallel zu den Beobachtungen im Programm INTEROBS Beobachtungen des Rotationslichtwechsels an bestimmten Objekten systematisch durchzuführen.

Die multilaterale Kommission der Akademien sozialistischer Länder für das Problem „Wissenschaftliche Untersuchungen mit Hilfe der Beobachtung künstlicher Erdsatelliten“, deren Präsidentin die bekannte sowjetische Astronomin Prof. Dr. Alla Massewitsch ist, stimmt diesem Vorschlag zu und gab auf ihrer letzten Tagung im Mai 1967 in Ushgorod (Ukrainische SSR) diesem Programm den Namen SPIN.

Gerade durch dieses Programm können – das zeigen erste in Kischinow erhaltene Ergebnisse – in den kommenden Jahren erhöhter Sonnenaktivität voraussichtlich interessante Zusammenhänge zwischen dem Geschehen auf der Sonne und seinen Wirkungen auf die Bewegung der Satellitenobjekte ermittelt werden.



I = „Südliche Flugbahn“ – II = „Östliche Flugbahn“.

MdI der DDR Nr. 887/67.

Dozent F. J. Sigel von der Sektion für interstellare Verbindungen im Staatlichen Sternberg-Institut für Astronomie über

Die künstliche Natur des Tungusischen Meteoriten

Bis vor kurzem war man der Ansicht, daß der Tungusische Meteorit, der am 30. Juni 1908 in die Erdatmosphäre eingedrungen war, etwa 800 km im genau von Süden nach Norden führenden Flug zurückgelegt hatte. Das belegten Aussagen von Augenzeugen sowie einige geophysikalische Erscheinungen (Ausbreitung der Druckwellen und des Schalls beim Fluge des Körpers; durch den Flug hervorgerufene elektrische Effekte usw.).

Urteilt man jedoch nach der Richtung, in der im Katastrophengebiet etwa 50 000 Bäume umgebrochen wurden, so hat der Tungusische Meteorit den Ort der Explosion fast von Osten (genauer gesagt von Ostsüdost) her angeflogen. Es ist offensichtlich, daß man diese beiden Flugbahnen (die „südliche“ und die „östliche“) nur unter der Voraussetzung miteinander in Einklang bringen kann, daß der Tungusische Meteorit irgendwo seine ursprüngliche Richtung geändert, das heißt ein „Manöver“ vollzogen hat.

Eine neue Analyse der Zeugenaussagen, die der Referent vorgenommen hat, führte zu der Schlußfolgerung, daß niemand den Flug des Meteoriten nördlich von Keshma beobachtet hat. Das aber wäre unvermeidlich gewesen, wenn der Flugkörper jenseits von Keshma die „südliche“ Bahn weiter verfolgt hätte.

Die Hypothese von einem Manöver des Tungusischen Meteoriten erhielt durch die Aussagen zahlreicher Augenzeugen eine gewichtige Bestätigung, die den rätselhaften „Gast“ aus dem Weltall weit östlich von Wanawara gesehen haben. 105 heute noch lebende Zeugen der Katastrophe an der Tunguska berichteten von optischen, akustischen und mechanischen Erscheinungen, die sie vor fast 60 Jahren beobachtet haben. An Hand dieser Aussagen wurde die Flugbahn des Tungusischen Meteoriten neu festgelegt, und es erwies sich, daß sie das Epizentrum mit dem Dorf Preobraschenka verbindet.

In Wanawara hat man nur die Explosion des Meteoriten, nicht aber seinen Flug gesehen. Dafür aber haben, wie es sich herausstellte, zahlreiche Augenzeugen im Dorfe Preobraschenka (das etwa 350 km östlich von Wanawara liegt) den Flug des Meteoriten beobachtet.

Das alles führt zu der These, der Tungusische Meteorit habe vor seiner Explosion die Flugrichtung mindestens zweimal geändert. Er sei von Keshma aus nach Nordosten geflogen und habe dann irgendwo im Gebiet von Preobraschenka (oder östlich davon) die Richtung nach Westen eingeschlagen. Sowohl die „südliche“, als auch die „östliche“ Flugbahn sind ausreichend genau bestimmt, und es ist unmöglich, eine von ihnen als einen Irrtum zu bezeichnen. Beide aber lassen sich nur dann miteinander verbinden, wenn man die Möglichkeit einer Bahnänderung voraussetzt.

Bisher besteht keine Klarheit über Einzelheiten dieses Manövers, und die gestrichelte Linie auf der Karte gibt lediglich die mögliche Flugbahn an. Sie wird in nächster Zukunft präzisiert werden. Aber schon heute ist klar, daß der Tungusische Meteorit irgendwo östlich, unweit von Preobraschenka seine endgültige „östliche“ Flugbahn eingeschlagen hat, denn in Witim und Bodaibo hat man die Explosion, nicht aber den fliegenden Körper gesehen.

Bekanntlich vollziehen kosmische Körper natürlichen Ursprungs während des Falls keinerlei Änderungen ihrer Flugrichtung. Es bleibt daher nur die Annahme, daß der Tungusische Meteorit künstlichen Charakters war.

Für die künstliche Natur des Tungusischen Meteoriten spricht auch der einer Kernexplosion ähnelnde Charakter seiner Explosion. Unlängst haben I. T. Sotkin und M. A. Zikulin versucht, ein Modell der Katastrophe an der Tunguska herzustellen. Kleine in der Erde befestigte Drähtchen stellten die „Taiga“ dar. Über diesem Relief wurde eine Sprengschnur mit einer verstärkten Ladung am Ende aufgehängt. Bei der Explosion in der Versuchskammer stürzten die Luftdruckwellen die „Taiga“ um. Ein der Wirklichkeit ähnelndes Bild wurde nur bei einem Neigungswinkel der Schnur (Winkel der Flugbahn zum Horizont) von annähernd 30 Grad erzielt. Dabei wies die Flugbahn des Tungusischen Meteoriten eine Neigung zum Horizont von höchstens 10 Grad auf. Folglich läßt sich das Bild der Katastrophe nicht mit der Wirkung gewöhnlicher Druckwellen erklären. Es bleibt nur noch die von A. W. Solotow gegebene Erklärung einer Kernexplosion. Unter den naturgegebenen Bedingungen der Taiga an der Tunguska im Jahre 1908 war eine derartige Explosion aber nicht möglich. Somit kann die Natur einer Kernexplosion des Tungusischen Meteoriten ebenfalls als Merkmal seines künstlichen Ursprungs gewertet werden.

Interessant sind einige Einzelheiten in den Aussagen der Augenzeugen. So teilt z. B. G. O. Syrjanow aus dem Dorf Sosnino (südlich von Preobraschenka) mit, am Himmel sei „unter den Wolken ein Balken dahingeflogen, richtiger geschwommen, der weit heller als die Sonne war und einen Funkenschweif hatte“. Einem anderen Zeugen, K. W. Barakowa, erschien der Meteorit wie eine „an den Rändern schmalere und in der Mitte dickere“ Tonne. Viele hoben die pilzförmige Wolke hervor, die sich nach der Explosion bildete.

In „Smena“, Nr. 3/1967, auszugsweise nach „Presse der Sowjetunion“, Nr. 37/1967.

Im Oktober 1967 soll die am 12. Juni 1967 gestartete sowjetische automatische Station den Planeten Venus erreichen.

Ungelöste Venus-Rätsel

Wie die Erde ist die Venus von einer dichten Atmosphäre umgeben, deren oberste Schichten Wolken enthalten, die denen der Erde ebenfalls stark ähneln. Doch auf der Erde zerstreuen sich die Wolken und schließen sich wieder zusammen, während auf der Venus die Wolkenschicht sehr stabil ist. Es ist deshalb nicht möglich, eine Karte von der Venusoberfläche anzufertigen. Aus dem gleichen Grund konnte man auch bisher noch nicht feststellen, in welchem Zeitraum sich die Venus um ihre Achse dreht. Selbst die Drehrichtung war nicht bekannt. Mit Sicherheit wußte man nur, daß die Drehung sehr langsam ist.

Theoretische Berechnungen, die auf der Mutmaßung von der Ähnlichkeit der Atmosphären beider Planeten fußen, haben dazu geführt, daß man die durchschnittliche Temperatur der Venus auf plus 40 bis plus 50 Grad Celsius geschätzt hat. Eine Bestätigung dieser Annahme erreichte man durch eine direkte Messung der Temperatur der Wolkenschicht der Venus. Sie betrug etwa minus 40 Grad. Auf der Erde ist im Bereich der Federwolken gewöhnlich die gleiche oder eine niedrigere Temperatur zu beobachten.

Die Spektralanalyse hat gezeigt, daß die Venusatmosphäre sehr wenig Wasserdampf und sehr viel Kohlendioxid enthält. Dagegen wurden keinerlei glaubhafte Anzeichen von Sauerstoff festgestellt, auch über Stickstoff ist nichts bekannt. Alle diese Angaben beziehen sich im wesentlichen auf die über den Wolken liegenden Schichten der Venusatmosphäre.

1956 gelang es zum ersten Male, den von der Venus auf den Zentimeterwellen des Funkwellenbereichs ausgehenden Wärmestrom mit Sicherheit zu messen. Das Ergebnis war völlig unerwartet. Der Strom erwies sich als beträchtlich und entsprach einer Temperatur von plus 300 bis plus 350 Grad. Verstärkte Beobachtungen der Venus mit Hilfe von Radioteleskopen in der UdSSR, den USA und in England bestätigten diese Werte.

Die Temperatur von plus 300 bis plus 350 Grad bezieht sich auf die feste Oberfläche des Planeten. In Höhe der Wolken beträgt die Temperatur minus 40 Grad. Bei einem solchen Temperaturgefälle muß zwischen den Wolken und der Oberfläche eine mächtige, mindestens 50 km starke Atmosphäre liegen. Dann aber müßte auch der atmosphärische Druck auf der Oberfläche der Venus gewaltig sein. Verschiedene Berechnungen ergaben Werte von 5 bis 50 Atmosphären, das heißt von 50 bis zu 500 t je Quadratmeter. Derart hohe Drücke und derart hohe Temperaturen machen die Landung eines Weltraumschiffes auf der Venus unmöglich oder erschweren sie aufs äußerste.

Wie bekannt, unterscheiden sich die Planeten von den Sternen dadurch, daß ihre eigenen Wärmevorräte gering sind und ihre Temperaturverhältnisse auf der Oberfläche dadurch bestimmt werden, wieviel Wärme sie von der Sonne erhalten und wieviel sie in den Weltraum zurückstrahlen. Diese beiden Werte müssen gleich sein, damit auf dem Planeten ein Wärme-gleichgewicht besteht. Bei welcher Temperatur es sich einstellt – das hängt von den physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre ab. Wenn die Atmosphäre für infrarote Strahlen stark undurchlässig ist und für die mit dem Auge sichtbaren Strahlen durchsichtig, so wird sich das Gleichgewicht bei einer hohen Temperatur einstellen, das heißt, es wird sich das

abspielen, was man auf der Venus beobachtet. Über die gleichen Eigenschaften – die infraroten Strahlen aufzuhalten – verfügt auch das Glas, das man mit Erfolg bei Treibhäusern anwendet. Die Erscheinung selbst bezeichnet man als Treibhauseffekt. Leider kennen wir bis heute unter den Gasen kein einziges, das einen so starken Treibhauseffekt besäße, wie das für die Aufrechterhaltung der hohen Temperatur auf der Venus erforderlich ist. Folglich vermögen wir auch nicht zu erklären, warum die Venus so heiß ist.

Es hat genug Versuche gegeben, dieser Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen. Die erste Reaktion bestand darin, daß man die Theorie vom Treibhauseffekt aufgab und die Temperatur von plus 350 Grad nicht als die Temperatur der Oberfläche des Planeten, sondern als die der obersten Schichten der Atmosphäre, der Ionosphäre betrachtete. Ihre Strahlung wird in den sichtbaren und in den infraroten Strahlen sehr schwach sein und im Bereich der Funkwellen stark. Doch dann muß es sich um eine sehr dichte Ionosphäre handeln, um das Tausendfache dichter als die der Erde – eine unverständliche und daher nicht annehmbare Möglichkeit. Temperaturmessungen der Venus haben noch eine interessante Tatsache ergeben – die Temperaturen auf ihrer Tagseite und Nachtseite sind praktisch gleich. Das ist seltsam. Ein Tag ist auf der Venus sehr lang. Im Laufe des Tages muß sich die Oberfläche der Venus sehr stark erwärmen und während der Nacht sehr stark abkühlen, selbst wenn man die Atmosphäre in Betracht zieht, welche die Venus einhüllt. Da das nicht der Fall ist, muß also der Planet über ausreichend große eigene Wärmeverräte verfügen. Bekanntlich ist es Radiophysikern aus drei Ländern – darunter der Gruppe um Akademiemitglied W. A. Kotelnikow aus der Sowjetunion – gelungen, eine Radarortung der Venus vorzunehmen, das heißt ein Funksignal auf die Venus zu schicken und seine Rückstrahlung zu empfangen. Damit zeichnet sich die Möglichkeit ab, durch die Wolkenhülle der Venus zu dringen und künftig eine Radokarte ihrer Oberfläche anzufertigen. Doch schon heute hat die Radarortung der Venus ein überaus wichtiges Ergebnis gebracht – das zurückgestrahlte Funksignal hat gezeigt, daß sich die Venus sehr langsam um ihre Achse dreht. Mehr noch, sie rotiert in einer ihrer Jahresbewegung um die Sonne entgegengesetzten Richtung – ein Fall, der nahezu einzigartig in unserem Sonnensystem ist.

In ihrem Bestreben, die physikalische Natur der Venus zu erkennen, wenden die Wissenschaftler ständig neue Forschungsmittel an. Eines der wirksamsten von ihnen besteht heute darin, automatische Stationen mit kosmischen Raketen in Richtung Venus zu starten. Selbst ohne eine Landung auf dem Planeten wird man bei einem nahen Vorbeifliegen der Station an der Venus sehr viel erfahren können. In diesem Falle wird für die verschiedenen in einer solchen Station montierten Geräte der Planet nicht mehr eine winzige Scheibe oder Sichel sein, sondern eine große Scheibe oder Sichel, die den „halben Himmel“ einnimmt, so daß man den Planeten in seinen verschiedenen Gebieten erforschen kann.

Prof. D. Martynow, Direktor des Staatlichen Sternberg-Instituts für Astronomie, in „Prawda“ vom 14. Juni 1967, auszugsweise nach „Presse der Sowjetunion“, Nr. 71/1967.

Die Struktur der Mondoberfläche

Die eingehende Analyse der Aufnahmen von „Luna 9“ beweist, daß die Mondoberfläche eine komplizierte Struktur aufweist. Wahrscheinlich stellt die einige Zentimeter starke oberste Schicht des Mondgesteins eine intensiv aufgelockerte Substanz dar, die praktisch die gesamte Mondoberfläche bedeckt. Diese Schicht ist nicht homogen. Zusammen mit kleinsten Teilchen in einer Größe von Bruchteilen eines Millimeters trifft man auch größere Gesteinsbrocken von einigen Zentimetern oder Dutzenden von Zentimetern an. Ihre Stärke hat sich offensichtlich mit der Zeit nicht verändert. Beim Aufprallen von Meteoriten auf die Mondoberfläche wird die Substanz in den kosmischen Raum hinausgeschleudert. Dabei ist die Menge der von dem Monde eingeblühten Substanz größer als diejenige, die durch den Meteoritenfall auf den Mond gelangt. Auf diese Weise vollzieht sich eine ständige Erneuerung der Mondoberfläche, während die Stärke ihrer obersten „verarbeiteten“ Schicht die gleiche bleibt.

Die Antwort auf die Fragen nach der Zusammensetzung, der Struktur und den Eigenschaften der Muttergesteine, die die Felsgründung bilden, wollte man mit Hilfe der automatischen Station Luna-10² geben. An Bord dieser Station befand sich ein Spezialgerät – ein Vielkanal-Zintillations-Gammaspektrometer. Damit wurde die Intensität und die Spektralzusammensetzung der Mondstrahlung, der Gammastrahlung, gemessen.

Ähnlich wie auf der Erde geht die Gammastrahlung des Mondes von natürlichen radioaktiven Elementen, Thorium und Uran und deren Zerfallprodukten sowie von dem radioaktiven Isotop Kalium-40 aus. Doch im Unterschied zur Erde gibt es auf der Mondoberfläche auch noch eine andere Gammastrahlung. Sie entsteht durch die Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit der Mondsubstanz. In Gesteinen mit einer geringen Konzentration radioaktiver Elemente kann sich die Intensität dieser Strahlung sogar als höher herausstellen, als die von Uran, Thorium und Kalium ausgehende Strahlung. Man könnte meinen, dadurch

sei die Feststellung geringer Konzentrationen natürlicher radioaktiver Elemente in den Mondgesteinen erschwert. Das festzustellen ist aber wichtig, da wir nach der Anzahl der radioaktiven Elemente den Typ eines Gesteins beurteilen. Doch die von der kosmischen Strahlung „Induzierte“ Gammastrahlung kennzeichnet ebenfalls die chemische Zusammensetzung der Mondgesteine. Also können die Forscher an Hand der Gammastrahlung den Gesteinstyp ermitteln, selbst wenn dieser wenig radioaktive Elemente enthält.

Wie man aus den Versuchsergebnissen von „Luna 10“ folgern kann, kommt der Strahlungspegel der Gammastrahlung der Mondgesteine insgesamt analogen Kennwerten für die Erdkruste nahe. Ihre Intensität ist nur um das anderthalb- bis zweifache höher als in den Graniten, irdischen Gesteinen mit dem höchsten Gehalt an Uran, Thorium und Kalium.

Interessant ist, daß die Mond-Gammaspektren den irdischen nicht gleichen, die nur durch den Gehalt an Uran, Thorium und Kalium bestimmt werden. Es hat sich herausgestellt, daß die Mondstrahlung vorwiegend von Kernreaktionen bestimmt wird, die unter der Einwirkung der kosmischen Strahlung eintreten. Auf ihren Anteil entfallen etwa 90 Prozent der Mondstrahlung und nur weniger als 10 Prozent auf Uran, Thorium und Kalium.

Untersuchungen zeigten, daß die Anzahl der in den Mondgesteinen festgestellten radioaktiven Elemente ihrem Gehalt in den irdischen Gesteinen entweder der basischen (Basalt-) Zusammensetzung oder der ultrabasischen (Dunit-) Zusammensetzung entspricht.

Ferner besagen die gewonnenen Werte, daß in jenen Bereichen der Mondoberfläche, wo Messungen erfolgten, Gesteine mit einem hohen Gehalt radioaktiver Elemente, zum Beispiel Granite, fehlen und noch weniger Gesteine mit Erzkonzentrationen radioaktiver Elemente vorhanden sind. Dieser Umstand trägt dazu bei, noch eine weitere Frage zu klären. Bekanntlich finden sich auf der Erde Formationen, die geschmolzenen Stücken undurchsichtigen Glases ähnlich sehen, die sogenannten Tektite, die nach Ansicht einiger Wissenschaftler von Monde zu uns gelangt sind. Dabei enthalten sie fast genau die gleiche Menge Uran, Thorium und Kalium wie die Granite. Also können die Tektite nicht lunaren Ursprungs sein.

Interessant ist auch die Tatsache, daß die Intensität der Gammastrahlung über den verschiedenen Bereichen der Mondoberfläche geringe Veränderungen aufweist. Die Abweichungen betragen nicht mehr als 40 Prozent. Das erklärt sich damit, daß die wichtige Quelle der Gammastrahlung die Wechselwirkung kosmischer Teilchen mit den Gesteinen ist, ein Faktor, der in gleicher Weise auf der gesamten Oberfläche des Mondes wirksam ist. Doch gerade solche unbedeutenden Abweichungen in der Intensität über den verschiedenen Bereichen der Mondoberfläche sind von besonderem Interesse. Es stellt sich heraus, daß die durchschnittliche Intensität der Gammastrahlung über den Mond-„Meeren“ die gleiche ist, wie sie die Station „Luna-10“ beim Überfliegen von Basaltgesteinen registrieren würde. Und die durchschnittliche Intensität der Strahlung über den Mond-„Kontinenten“ entspricht den ultrabasischen Gesteinen oder den Steinmeteoriten. Was besagt das?

Man kann annehmen, daß in einem früheren Stadium, als der Mond sich als fester Körper herausbildete, die den ganzen Planeten bedeckte, erfolgte auf dem Monde nur ein teilweises Schmelzen der Oberflächenschicht der Mondsubstanz. Einige Bereiche der Mondoberfläche wurden von der an die Oberfläche tretenden Lava bedeckt. Das gerade führte zur Bildung der „Meere“, die Gesteine aufweisen, welche radioaktive Elemente in einer Zusammensetzung enthalten, die den Basalten entspricht. Was die Mond-„Kontinente“ betrifft, so stellen sie offensichtlich eine Substanz dar, die einen bedeutenden Teil basischen Materials in der Zusammensetzung von Chondriten enthalten, das nicht geschmolzen ist und sich nicht differenziert hat.

Doch zum Unterschied von der Erde, wo sich durch den gleichen Prozeß die Erdkruste bildete, die den ganzen Planeten bedeckte, erfolgte auf dem Monde nur ein teilweises Schmelzen der Oberflächenschicht der Mondsubstanz. Einige Bereiche der Mondoberfläche wurden von der an die Oberfläche tretenden Lava bedeckt. Das gerade führte zur Bildung der „Meere“, die Gesteine aufweisen, welche radioaktive Elemente in einer Zusammensetzung enthalten, die den Basalten entspricht. Was die Mond-„Kontinente“ betrifft, so stellen sie offensichtlich eine Substanz dar, die einen bedeutenden Teil basischen Materials in der Zusammensetzung von Chondriten enthalten, das nicht geschmolzen ist und sich nicht differenziert hat.

Akademienmitglied A. Winogradow und J. Surkow, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften in „Prawda“ vom 14. 5. 1966, auszugsweise nach „Presse der Sowjetunion“, Nr. 128/1966.

Röntgenfotos von der Sonne

Bisher einmalige Röntgenaufnahmen von der Sonne machten Kameras an Bord einer sowjetischen geophysikalischen Rakete. Die Rakete gelangte in 500 km Höhe, wo ein neues Orientierungssystem die Spezialkameras mehrere Minuten lang genau auf die Sonne ausrichtete. Als die Aufnahmen ausgewertet wurden, stellten die Fachleute fest, daß während der Aufnahmen ein Röntgenstrahlenausbruch auf der Oberfläche der Sonne stattgefunden hatte und auf den Fotos festgehalten worden war. Derartige Strahlungen sind von der Erde her nicht zu beobachten, da die Atmosphäre nur sichtbares Licht und Radiostrahungen zur Erdoberfläche durchläßt. Folglich sind die Fotos von besonderem Interesse. Derartige Röntgenstrahlenausbrüche können für die bemannte Raumfahrt mitunter gefährlich werden. Sowjetische Experten glauben jedoch, daß sie durch weitergehende Analysen solcher Ausbrüche die Strahlungsfahren voraussagen können.

(ND)

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.-Gewl. Herbert Pflaffe

50 Jahre Große Sozialistische Oktoberrevolution – 10 Jahre aktive Raumfahrt

HORST HOFFMANN

K. E. Ziolkowski, der Vater der Astronautik

Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski war gerade 60 Jahre alt geworden, als der Sturm der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution losbrach. Er und seine Freunde hatten die Revolution begeistert begrüßt. Ziolkowski setzte alle seine Hoffnungen in sie. Die letzten Jahre davor waren wohl die dunkelsten in seinem Leben. 40 Jahre lang hatte er unermüdlich gearbeitet und seine physischen und psychischen Kräfte in unzähligen Nächten verbraucht. Jeden Rubel, den seine Familie entbehren konnte, hatte er für seine Forschungsarbeit verwendet. Doch nur der Ruf eines Sonderlings, ja eines Narren und die Anerkennung weniger Freunde und Gelehrten waren das einzige Echo auf sein Lebenswerk. Ziolkowskis Haltung in diesen schweren Jahren könnte man so überschreiben wie er das Schlußkapitel seines Hauptwerkes „Erforschung des Weltraumes mit Reaktionsapparaten“ betitelte: „Das Unmögliche wird möglich“. Dort heißt es: „Es ist noch nicht lange her, daß selbst bedeutende Gelehrte den Gedanken, die Zusammensetzung der Himmelskörper ergründen zu wollen, für unvernünftig hielten. Diese Zeit ist vorüber. Der Wunsch, das Weltall noch näher, unmittelbarer zu erforschen, scheint heute noch gewagter... Indessen beginnt mit der Verwendung von Rückstoßapparaten eine neue Ära der Astronomie: die Epoche der bis ins kleinste dringenden Erforschung des Himmels. Die ungeheure Schwerkraft hat für uns das Erschreckende verloren!... Einst kam unseren Großmüttern eine Reisegeschwindigkeit von 10 Werst in der Stunde unwahrscheinlich halsbrecherisch vor, jetzt fahren Autos 100 bis 200 Werst in der Stunde... Die Zeit liegt noch nicht weit zurück, in welcher der Gedanke an eine andere Kraft als die Muskeln, des Windes und des Wassers eigenartig erschien. Endlos könnte man über dieses Thema schreiben.“

Ziolkowskis Hoffnungen erfüllten sich. Nach der Revolution wurden erstmals seine großen wissenschaftlichen Verdienste gewürdigt, seine Arbeiten mit allen damals möglichen Mitteln unterstützt und seine Werke, früher im Selbstverlag oder mit Hilfe von Gönnern gedruckt, erschienen im Staatsverlag.

500 wissenschaftliche Arbeiten

In 40 Jahren der Zarenzeit schrieb Ziolkowski 130 Arbeiten, 50 konnte er veröffentlichen. 80 blieben als Manuskripte liegen. In den 18 Jahren, die ihm unter der Sowjetmacht zu leben vergönnt waren, schrieb er 450 Arbeiten. 1919 wurde der Gelehrte zum Mitglied der sozialistischen Akademie der Wissenschaften gewählt und die Regierung schlug ihm vor, nach Moskau zu ziehen. Ziolkowski dankte mit den Worten: „Jetzt weiß ich, ich bin nicht mehr allein.“ Sein Gesundheitszustand erlaubte jedoch die Übersiedlung nicht. 1920 veröffentlichte Ziolkowski sein Buch „Reichtum des Weltalls“. Da er nicht länger die anstrengenden Tätigkeiten eines Lehrers und eines Forschers vereinigen konnte, bat er um seine Entlassung.

Seiner Bitte wurde stattgegeben und gleichzeitig beschloß am 9. November 1921 der Rat der Volkskommissare unter dem Vorsitz Lenins, an Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski „... angesichts der besonderen Verdienste des Gelehrten, Erfinders und Forschers auf dem Gebiet des Flugwesens“ ... eine lebenslängliche Pension zu zahlen. Jahr für Jahr gehen aus der Feder Ziolkowskis neue, größere Arbeiten hervor. 1924: Das kosmische Schiff; 1926: Forschungen im Weltraum mit Rückstoßapparaturen; 1927: Die kosmische Rakete; 1929: Kosmische Raketenzüge. Das letztgenannte Werk beginnt mit den Worten:

„Ich bin 72 Jahre alt. Längst arbeite ich nicht mehr mit den Händen und führe keine Versuche mehr durch... Mein herzlicher Gruß gilt allen Arbeitern der Astronautik... Sie sind nicht dazu verurteilt, einsam zu schaffen. Das ist eine undankbare, gewagte und unermesslich schwere Aufgabe. Sie erfordert nicht nur äußerste Anspannung aller Kräfte und eine geniale Begabung, sondern auch viele Opfer... Man kann den Weltraumflug nicht mit der Luftfahrt vergleichen. Luftfahrt ist eine Spielerei im Verhältnis zur Raumfahrt... Doch wie gewaltig wird dafür das Gewonnene sein! Die Eroberung des Sonnensystems wird nicht nur Energie und Leben spenden, die zwei Milliarden mal reicher sind als Energie und Leben der Erde, sondern auch unermessliche Weiten aufdecken.“

Herz und Hirn der Raumfahrt

Ziolkowskis Feder ruht nicht einen Tag, denn er will alle seine Erkenntnisse und Erfahrungen der ersten Generation sowjetischer Raumfahrtforschung übermitteln. So widmet er Hirn und Herz der jungen sowjetischen Astronautik. 1929 schreibt der bescheidene und zurückhaltende Gelehrte in der Arbeit „Der Rückstoßmotor“: „Mit Rückstoßapparaten beschäftige ich mich schon seit 1895, doch erst jetzt, nach 34jähriger Arbeit, bin ich zu einleuchtenden Ergebnissen in Bezug auf ihr System gekommen.“

Als am 1. Mai 1933 ein Demonstrationszug von Hunderttausenden über den Roten Platz zieht, ertönt aus dem Lautsprecher eine unbekannte Stimme:

„Ich grüße meine Hörer! Vor mir sehe ich im Geiste den Roten Platz mit den marschierenden Kolonnen. Und über ihnen kreisen Hunderte von stählernen Vögeln am Himmel. Durch den Fleiß und die Arbeit aller Werktätigen konnte ein kühner Traum der Menschheit, die Eroberung des Reiches über den Wolken verwirklicht werden. Jetzt bin ich dessen sicher, daß auch mein anderer Traum, der Weltraumflug, den ich theoretisch begründete, Wirklichkeit wird. 40 Jahre lang arbeitete ich am Rückstoßprinzip und glaubte, man könne an einen Flug zum Mars erst in vielen hundert Jahren denken. Aber die Zeiträume schmelzen zusammen. Ich bin überzeugt, daß viele von euch den ersten Weltraumflug noch miterleben werden.“

Knapp ein Jahr später wird Juri Gagarin geboren, dem es vergönnt ist, als erster Mensch in den Kosmos zu fliegen. Nicht ganz 30 Jahre später nimmt die sowjetische Sonde „Mars 1“ Kurs auf unseren Nachbarplaneten.

Ziolkowski war sein Leben lang bescheiden. Aber er konnte nicht verhindern, daß sein 75. Geburtstag — am 5. September 1932 — in Kaluga zu einem Fest für die ganze Stadt wurde. Das Klubhaus der Eisenbahner konnte die Gäste gar nicht fassen. Aus allen Teilen des großen Landes gingen Glückwunschtelegramme und Geschenke ein. Am 9. Oktober fand in Moskau zu Ehren Ziolkowskis eine Festsitzung statt.

Etappen der Weltraumerschließung

Nach Kaluga zurückgekehrt, setzte er seine Arbeit fort und entwickelte Vorschläge für die einzelnen Etappen der Erforschung des Luft- und Weltraums:

In der ersten Etappe sollten Flüge in Höhen von 12 bis 18 Kilometern mit einer Geschwindigkeit von 200 bis 300 Metern in der Sekunde ausgeführt werden. Der praktische Nutzen wäre eine Verkürzung der Flugzeiten bei der Überquerung des Atlantischen Ozeans auf 8 bis 10 Stunden.

Die zweite Etappe wird durch Flüge in einer Höhe von 23 000 bis 24 000 Metern und durch eine Fluggeschwindigkeit von 1000 Metern in der Sekunde gekennzeichnet. Für ein Stratosphärenflugzeug mit Propellerantrieb und Strahltriebwerk ergäbe sich beim Flug von Europa nach Amerika also eine Flugzeit von zwei bis drei Stunden.

In der dritten Etappe schließlich sollen Flugkörper über die Stratosphäre hinaus in den unbekannten Weltraum vordringen.

„Von nicht geringer Bedeutung sind die Stratosphärenflüge auch für die Verwirklichung meines schönsten Traumes — für den Flug über die Atmosphäre hinaus in den Weltraum. Gewiß ist dies eine Sache der fernen Zukunft, doch ich bin überzeugt, daß in unserer Zeit die Menschheit zweifellos auch den Sieg über die Stratosphäre davontragen wird.“

Eines Tages erhielt Ziolkowski folgendes Telegramm: An Ziolkowski, Kaluga, 30. September 1933, 12 Uhr 45 Minuten. Der Stratosphärenballon UdSSR 1 hat eine Höhe von 19 000 Metern erreicht und beginnt wohlbehalten den Abstieg. Komсомolskaja Prawda.

Kurze Zeit später erreichte ein anderer sowjetischer Ballon sogar die Höhe von 22 000 Metern. Mit 76 Jahren schließlich erlebt K. E. Ziolkowski noch den Start der ersten sowjetischen Flüssigkeitsrakete. Von seinen Schülern F. A. Zander und M. K. Tichonrawow gebaut, erreicht sie 1933 eine Höhe von 10 Kilometern und stellt 1935 mit 13 Kilometern den absoluten Höhenweltrekord für Raketen auf.

Wahre Führer des Fortschritts

Der Zustand des „Vaters der Astronautik“ verschlechtert sich zusehends. Auch eine Operation kann nicht mehr helfen. Am Abend des 19. September 1935 hört das Herz des großen Gelehrten auf zu schlagen. Eine Woche vor seinem Tode, am 13. September, schreibt Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski seine letzten Zeilen:

„Mein ganzes Leben lang habe ich davon geträumt, durch meine Arbeit die Menschheit vorwärtszubringen — und sei es nur ein wenig. Vor der Revolution war mein Traum nicht zu verwirklichen. ... Erst die Sowjetmacht und die Partei halfen mir wirksam. Die Liebe zu den Massen unseres Volkes gab mir die Kraft, meine Arbeit noch fortzusetzen als ich schon krank war. Aber jetzt erlaubt mir mein Gesundheitszustand nicht mehr, das begonnene Werk zu vollenden. ... Alle meine Arbeiten über das Flugwesen, den Raketenflug und den interplanetaren Verkehr übergebe ich der Partei der Bolschewiki und der Sowjetmacht — den wahren Führern des Fortschritts der menschlichen Kultur. Ich bin sicher, daß sie dieses Werk erfolgreich zu Ende führen werden.“

Ein beredtes Zeugnis lebendiger Anerkennung der Völker der Sowjetunion für ihren „Vater der Raumfahrt“, ist die Benennung eines von Lunik 3 entdeckten Kraters auf der Rückseite des Mondes nach Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski und der Bau eines großen Museums für Raumfahrt in seiner Heimatstadt Kaluga.

Das Grab des Gelehrten im Kalugaer Vorstadtpark, der heute Ziolkowski-Park heißt, schmückt ein Obelisk. Dieses erste Denkmal, das einem Pionier der Raumfahrt gesetzt wurde, trägt als Inschrift die Worte Ziolkowskis: „Die Menschheit wird nicht ewig auf der Erde bleiben“.

F. A. Zander, der Bahnbrecher für die Flüssigkeitsrakete

Man schreibt das Jahr 1920. In Moskau findet eine Gouvernements-Erfinderkonferenz statt, an der auch Lenin teilnimmt. Hier trägt der Moskauer Flugzeug-Ingenieur Friedrich Arturowitsch Zander, 33 Jahre alt und seit 12 Jahren auf dem Gebiet der Raumfahrtforschung tätig, seine Ideen vor. Der „Vater der Astronautik“ hatte die theoretische Grundlage für die Raketentechnik und Raumfahrt geschaffen. Jetzt kam es darauf an, mit Experimenten zu beginnen und die erste Flüssigkeitsrakete zu entwickeln.

Sachlich, fast nüchtern, gibt Zander der Konferenz einen Überblick über den Entwicklungsstand und die Perspektiven der Raketentechnik. Offen und ehrlich weist er auf die großen Schwierigkeiten hin, die noch zu überwinden sind. Doch seine große Leidenschaft für die Raumfahrt ist nicht zu überhören. Und sie wird nicht überhört.

Zander schreibt über diese Konferenz und die nachfolgende persönliche Aussprache mit Lenin in seiner Autobiographie:

„Dort versprach mir Wladimir Iljitsch Lenin Unterstützung. Danach arbeitete ich intensiv, mit dem Ziel, ein ausgereiftes Projekt zu entwickeln.“

Lenin und der erste Raketenauftrag

Lenin war der erste Staatsmann, der die weitreichende Bedeutung der Raumfahrtforschung für die friedliche Weiterentwicklung der Menschheit erkannte. Er war auch der erste Politiker, der einen staatlichen Auftrag zur Konstruktion einer modernen leistungsfähigen Rakete gab. Und das in einer Zeit, da der junge Sowjetstaat von Intervention und Konterrevolution bedroht wurde, da die Wirtschaft am Boden lag und im Lande Hunger und Not herrschten.

Zander arbeitete wie besessen an seinem Auftrag und wird zum Bahnbrecher der geflügelten Rakete und des Raketenflugzeuges. Nachdem er mehrere Jahre als Mitarbeiter des Chefkonstruktors der Flugzeugfabrik „Motor“, als Obergeringenieur im Zentralen Konstruktionsbüro „Avia-Trust“, und dann im Institut für Flugzeugmotorenbau tätig gewesen war, erhält er schließlich vom Staat die Möglichkeit, monatelang ausschließlich zu Hause zu arbeiten. Dieser günstige Umstand beschleunigte die theoretische Arbeit, über die Zander in einer Anzahl von Abhandlungen Rechenschaft gibt.

Drei kühne Ideen

Drei kühne Ideen, die erst in unserer Zeit zur vollen Entfaltung kommen, entwickelte Zander in der kurzen Zeit, die ihm noch blieb.

Erstens erkannte Zander, daß eine Hauptaufgabe der Raketentechnik darin besteht, die astronautischen Geschwindigkeiten mit möglichst geringem Treibstoffverbrauch zu erreichen. Deshalb schlägt er als Raumflugkörper eine Kombination von Flugzeug und Rakete vor. Als erster Forscher projiziert er ein Raketenflugzeug,

das die dichten Schichten der Atmosphäre wie ein Flugzeug mit Tragflächen, Leitwerk und Luftschrauben-Motor durchquert und erst in großen Höhen den Raketenmotor einsetzt.

Die zweite interessante Idee Zanders ist die zusätzliche Verwendung metallischer Brennstoffe für Raketentriebwerke. Als erster Raketenkonstrukteur berechnete und erprobte er diese Möglichkeit bereits im Jahre 1928. Er konnte den Nachweis erbringen, daß ein feiner Metallzusatz im flüssigen Treibstoff den Heizwert und damit die Ausströmgeschwindigkeit der Gase und die Schubkraft der Rakete erhöht.

Auch die dritte Idee Zanders ist sehr originell. Er schlägt vor, die überflüssig gewordenen Teile der Rakete zu schmelzen und der Brennkammer als metallischen Brennstoff zuzuführen.

In den Jahren 1930 und 1931 entwickelt und erprobt Zander das Flüssigkeitstriebwerk OR 1, das mit Benzin und gasförmigem Sauerstoff arbeitet und einen Schub von 5 kp erzeugt. Das Triebwerk OR 2 hingegen arbeitet mit Benzin und flüssigem Sauerstoff und soll einen Schub von 50 kp entwickeln. Nach der Erprobung soll es in ein Versuchsflugzeug eingebaut werden.

Die Gruppe zum Studium der Reaktivbewegung in Moskau, die MOSGIRD, ermöglicht Zander diese Arbeit. Er, der persönlich großen Anteil an der Entstehung dieser Gruppe hat, leitet die Brigade, die das Triebwerk OR 2 entwickelt. Am 23. Dezember 1932 ist das neue Raketentriebwerk fertig. Am 18. März 1933 beginnen die Brennversuche. Aber Zander, der Initiator, ist schon nicht mehr dabei. Am Prüfstand steht sein Freund M. K. Tichonrawow, der heute zu den bekanntesten sowjetischen Raketenspezialisten gehört.

Der 45jährige Friedrich Arturowitsch Zander liegt zu dieser Zeit mit einer Typhusinfektion im Krankenhaus von Kislowodsk, wo an diesem Tag ein Telegramm mit folgendem Inhalt eintrifft: „Prüfstandversuche mit OR 2 erfolgreich verlaufen. Schub 65 kp. Gratulieren und wünschen gute Besserung. M. K. Tichonrawow, MOSGIRD“.

Zehn Tage nach diesem erfolgreichen Versuch, der sein Lebenswerk krönt, stirbt Friedrich Arturowitsch Zander, der Bahnbrecher der sowjetischen Flüssigkeitsrakete.

Wenige Monate später, am 17. August 1933, startet die OR 2 zu ihrem ersten Flug. Diese erste sowjetische Flüssigkeitsrakete hat eine Länge von 2,5 m, einen Durchmesser von 16 cm und eine Nutzlast von 5 kg. Es gelingt, mit ihr einen Meßkopf zur Erforschung der Atmosphäre bis auf eine Höhe von 4,5 Kilometern zu bringen.

S. P. Koroljow, der „Vater der Woschod“

Auf diese Pionierzeit der sowjetischen Raketentechnik zurückblickend, schrieb der Kandidat der technischen Wissenschaften, K. Leonidow:

„Viele der damaligen Sorgen sind heute längst vergessen, doch ich weiß noch gut, mit wieviel Liebe zur Sache und wie zuversichtlich das junge Kollektiv mit der Konstruktion und dem Bau von Raketentriebwerken und Flüssigkeitsraketen begann. Es wurde von einem unermüdlischen, entschlossenen Menschen mit einer unerschöpflichen Energie geleitet. Mißlang wieder einmal ein Versuch, ermunterte er die Niedergeschlagenen mit einem Scherzwort. Der Ermunterung bedurfte es allerdings oft. Besonders im ersten Jahr konnte die Gruppe auf ihrem Weg zum Ziel buchstäblich nur tastend vorwärtsgen. Schließlich hatte sich bisher niemand mit dieser Aufgabe befaßt; es gab niemanden, bei dem man sich Rat holen, von dem man lernen konnte. K. E. Ziolkowski entwickelte als erster Wissenschaftler der Erde seine Theorie der Raketentechnik. Wie sollte man diese Theorie aber in der Praxis anwenden? Mit den ersten Raketen war es schon sehr schnell nach dem

Zünden wieder vorbei. Das Material hielt die 3000 °C, die in der Brennkammer entstanden, einfach nicht aus. Wie konnte man das Triebwerk kühlen? Die Ausströmgeschwindigkeit des Gases mußte mindestens 2500 m/s erreichen. Das gelang nicht.

Ein technisches Problem zog ein anderes nach sich, und manchmal war alles so verworren, daß man glaubte, keinen Ausweg zu finden. Nur die Opferbereitschaft, Zähigkeit und manchmal eine wahrhaft unvorstellbare Anspannung des Geistes und Willens führten zum Erfolg. Nach all diesen Schwierigkeiten wird man den Jubel des kleinen Kollektivs begreifen, als endlich, nach vielen Fehlschlägen, die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete in den Himmel stieg.“

Einer dieser Pioniere war Sergej Pawlowitsch Koroljow. 1930 hatte er, nach einem Fernstudium an der Fakultät für Flugmechanik, als Diplom-Arbeit ein zweisitziges Motor-Sportflugzeug konstruiert und selbst getestet. Sein Betreuer war der berühmte Flugzeugkonstrukteur Andrej Nikolajewitsch Tupolew, der 1922 die ANT 1, das erste sowjetische Flugzeug gebaut und 1934 die achtmotorige ANT 20, die er liebevoll „Maxim Gorki“ taufte, herausbrachte.

1931 gehörte S. P. Koroljow, der seit 1927 als Techniker in einer Moskauer Flugzeugfabrik arbeitete, zu den Mitbegründern der GIRD und unterstützte W. P. Gluschkow bei der Entwicklung seiner Flüssigkeitsrakete ORM 50.

Bereits im Jahre 1924 wurde in Moskau, auf Anregung Ziolkowskis, die „Gesellschaft zum Studium des interplanetaren Verkehrs“, die Wissenschaftler aller Disziplinen für die Raumfahrtforschung gewann, gegründet. Im gleichen Jahr entstand auf Initiative Zanders, ebenfalls in Moskau die „Zentrale Forschungsstelle für Raketenprobleme“, die sich mit speziellen Problemen der Raketentechnik beschäftigte. 1927 folgte der „Ossoaviachim“, der „Verband der Gesellschaft zur Förderung der Verteidigung des Flugwesens und der Chemie“. Er unternahm Vorarbeiten zur Erforschung der Stratosphäre und half den Gedanken der Weltraumfahrt zu popularisieren. Hier und an den technischen Hochschulen entstanden Arbeitsgemeinschaften von Ziolkowski-Schülern. Im Herbst 1928 wurde in Moskau die erste internationale Ausstellung über Raumfahrt eröffnet, in der liebevoll alle Forschungsergebnisse von Kibaltschitsch und Ziolkowski über Goddard und Oberth bis zu den jungen sowjetischen Raketentechnikern zusammengestellt waren. Im gleichen Jahre gab Prof. Dr. Nikolai Alexejewitsch Rynin aus Leningrad ein neunbändiges Sammelwerk über Raumfahrt, mit 1600 Seiten Umfang und 1000 Abbildungen, heraus.

MOSGIRD und LENGIRD

Aus den Abteilungen der Ziolkowski-Schüler innerhalb des „Ossoaviachim“ entstanden schließlich 1931 in den großen Städten „Gruppen zum Studium der Reaktivbewegung“, die GIRD, mit den beiden Zentren in Moskau und Leningrad, der MOSGIRD und LENGIRD.

1930 hatte W. P. Gluschkow, heute Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Chefkonstrukteur der sowjetischen Raketentriebwerke, im Leningrader Laboratorium für Gasdynamik mit seinen Arbeiten begonnen und bald sein erstes, aus 93 Einzelteilen bestehendes Raketentriebwerk ORM 1 mit einem Schub von 20 kp entwickelt. 1933 gelang es ihm, mit dem ORM 50 den Schub auf 150 kp und mit dem ORM 52 sogar auf 300 kp zu erhöhen.

S. P. Koroljow unterstützte Gluschkow bei dieser Arbeit und veröffentlichten 1934 im Moskauer Militärverlag „Wojenisdat“ die Arbeit „Raketenflugzeug in die Stratosphäre“. Dieses Buch schließt Koroljow mit dem Hinweis:

„Es reicht völlig, die bisher erwähnten Anwendungsarten der Raketenapparate für diese und jene Flüge zu beschreiben und alle übrigen Fragen unberücksichtigt

zu lassen, die zum Bereich der Phantasie gehören, wo sie jetzt zu Recht ihren Platz haben... Wir sind davon überzeugt, daß das Raketenflugwesen sich breit entfalten und seinen gebührenden Platz im System der sozialistischen Technik einnehmen wird.“

1935 wird S. P. Koroljow zum stellvertretenden Direktor des „Wissenschaftlichen Forschungsinstituts für Raketenwesen“ ernannt. Am 22. Juni dieses Jahres schreibt er einen Brief an K. E. Ziolkowski mit dem Vorschlag, das Massenverhältnis Ziolkowski-Zahl zu nennen. Am 29. Januar 1939 startet die von Koroljow entwickelte Flügelrakete vom Typ 212, deren Triebwerk einen Schub von 175 kp entfaltet, und am 20. Februar 1940 fliegt der Testpilot W. K. Fedorow mit dem von S. P. Koroljow entwickelten Raketengleiter „RP-318“, der aus seinem Leistungs-Segelflugzeug SK-9 entstand.

Diese Entwicklung wurde durch den zweiten Weltkrieg unterbrochen. Alle sowjetischen Wissenschaftler und Techniker konzentrierten ihre ganze Kraft auf die Erhöhung des Verteidigungspotentials. Die Raketentechniker entwickelten die „Katjuscha“, einen Raketenwerfer, der vor Moskau, an der Wolga und bei der Schlacht um Berlin mit großem militärischem Erfolg eingesetzt wurde. Diese Raketenwerfer, die auf einem LKW montiert wurden, feuerten 16 oder 18 Raketen pro Salve ab, so daß von einer Einheit 1000 Raketen gleichzeitig abgeschossen werden konnten. Weniger bekannt ist, daß die Sowjetunion auch Panzer- und Luftabwehrraketen mit Erfolg einsetzte. Die Panzerabwehrraketen wurden von Schlachtflugzeugen aus zur Erdbekämpfung gestartet. Zur Luftverteidigung Moskaus gehörten Katjuscha-Raketen, die von ortsfesten Lafetten aus abgefeuert wurden, 96 Luftabwehrraketen konnten gleichzeitig mit einer Salve angreifenden Flugzeugverbänden entgegen geschickt werden.

Unter den schwierigen Bedingungen des Großen Vaterländischen Krieges entsteht sogar das mit einem Flüssigkeits-Triebwerk ausgerüstete Raketenflugzeug „BI“, mit dem am 15. Mai 1942 der Testpilot Grigori Bachtshiwandschi den ersten Flug durchführte.

Unmittelbar nach dem Sieg über den Faschismus entstehen neue sowjetische Forschungsraketen, mit denen 1947 die Erforschung der oberen Schichten der Atmosphäre beginnt. Die meteorologische Standardrakete, MR 1, startete von einem Startturm aus und erreichte mit einer Nutzlast von 120–130 kp Höhen von 90 bis 110 km. Meßgeräte-Kapsel und Rakete werden nahe dem Gipfelpunkt voneinander getrennt und landen beide an viereckigen Fallschirmen.

Bereits 1949 erreichte eine sowjetische Forschungsrakete mit einer Nutzlast von 1,2 t eine Höhe von 100 km, und 1951 fliegen Hunde in ihren Kapseln bis zu 160 km hoch und landen nach dem ballistischen Flug sicher und wohlbehalten auf der Erde. Im Mai 1957 stellt schließlich eine sowjetische Rakete mit einer Nutzlast von 2,2 t und 212 km Gipfelhöhe einen neuen absoluten Weltrekord auf. Noch im selben Jahr wurde die Flughöhe bis auf 480 km hochgetrieben.

Es geschah im Oktober

In den stürmischen Oktobertagen des Jahres 1917 schlugen russische Arbeiter und Bauern ein neues Kapitel der Weltgeschichte auf – das kommunistische Zeitalter. Vierzig Jahre später, am 4. Oktober 1957, schickten ihre Söhne und Enkel den ersten von Menschenhirnen erdachten und von Menschenhand erbauten Flugkörper ins All. Eine neue Ära der Wissenschaft begann mit diesem Sputnik 1 – das kosmische Zeitalter.

Sputnik 1, wie auch alle nachfolgenden Satelliten, Sonden und Raumschiffe bis zu Woschod 2, wurden mit Trägerraketensystemen auf ihre Bahn gebracht, die in dem von S. P. Koroljow geleiteten Konstruktionsbüro entwickelt wurden.

In weniger als 10 Jahren konnte die Nutzlast der Raumflugkörper von 83,6 kg (Sputnik 1) auf 12,2 t (Poljot 1) – das 150fache – gesteigert werden.

Für seine Verdienste wird S. P. Koroljow, der seit 1953 korrespondierendes Akademiemitglied ist, 1958 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR berufen. In der Klasse für Mechanik sitzt er nun neben seinem ehemaligen Lehrer A. N. Tupolew. Ende 1961 antwortet er in der „Awiazija i Kosmonautika“ auf die Frage nach der Zukunft der Raumfahrt:

„Die Schaffung großer interplanetarer Raumschiffe, die eine Masse von mehreren Dutzend Tonnen besitzen und einige Kosmonauten aufnehmen, wird es erlauben, ausgedehnte kosmische Flüge mit einer Flugdauer von etwa zwei bis drei Jahren zu unternehmen. Und wie wird es weitergehen? Es fällt schwer, sich jetzt von Träumen hinreißen zu lassen, denn in unserer herrlichen Sowjetepoche ist es so, daß die Träume vom Leben überholt werden. Klar ist nur eines: Die Kosmonautik besitzt eine grenzenlose Zukunft und ihre Perspektiven sind ebenso grenzenlos wie das Weltall selbst.“

Noch nicht einmal 60 Jahre alt wird S. P. Koroljow. Am 14. Januar 1966 stirbt er, mitten aus einem schaffensreichen Leben gerissen.

Der Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, M. W. Keldysch, faßte das Wesen dieser Forscherpersönlichkeit zusammen:

„Die Ergebenheit zur Sache, das außerordentliche Talent des Gelehrten und Konstrukteurs, der tiefe Glaube an seine Idee, die unerschöpfliche Energie und die hervorragenden organisatorischen Fähigkeiten des Akademiemitgliedes Koroljow spielten eine ausschlaggebende Rolle bei der Lösung schwieriger wissenschaftlicher und technischer Aufgaben in der Entwicklung der Raketen und in der Raumfahrt-technik. Er besaß eine außerordentliche Gabe und Kühnheit in der wissenschaftlich-technischen Voraussicht, die es ermöglichte, komplizierte wissenschaftlich-technische Gedanken in die Tat umzusetzen. Viele wissenschaftliche und technische Ideen S. P. Koroljows erlaubten eine breite Anwendung und Weiterentwicklung in der Raketen- und Raumfahrttechnik. Er erzog zahlreiche Gelehrte und Ingenieure, die heute in den verschiedensten wissenschaftlichen Instituten und Konstruktionsbüros tätig sind. Sergej Pawlowitsch Koroljow und sein bedeutender Beitrag zur Entwicklung von Forschung und Technik werden in unserem Volk und in der Geschichte der Wissenschaft unvergeßlich bleiben.“

In der Sowjetunion gibt es heute bereits drei Generationen von Raumfahrtforschern. Die ältere besteht aus Wissenschaftlern und Technikern, die noch gemeinsam mit Zander gearbeitet haben und ihren Weg als Ziolkowski-Schüler begannen. Die mittlere Generation, das sind diejenigen, die unter Leitung von Koroljow in den Jahren des Großen Vaterländischen Krieges dem Sowjetstaat schlagkräftige Raketenwaffen schufen und danach mit ihren Sputniks, Luniks- Wostok- und Woschod-Raumschiffen Schrittmacher bei der Erschließung des Kosmos waren. Die jüngste Generation von Raketenforschern strömt jetzt von den Hoch- und Fachschulen, arbeitet an den Instituten der Raumfahrtforschung und wird jene Raketen und Raumflugkörper bauen, die den Menschen zum Mond und zu den Planeten tragen werden. Es gibt heute keine wissenschaftliche und technische Disziplin, die nicht an diesen Leistungen beteiligt ist.

Tausende von Wissenschaftlern, Zehntausende von Technikern und Hunderttausende von Facharbeitern schaffen in der Sowjetunion in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit diese Meisterwerke der Technik. 50-Jahr-Feiern der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution sind auch 50-Jahr-Feiern der sowjetischen Raumfahrtforschung und bilden mit den 10-Jahr-Feiern der aktiven Raumfahrt in der Sowjetunion eine untrennbare Einheit.

Meilenstein der Raumfahrt – Zum Tode Oberst Komarows

Die tragischen Unglücksfälle der amerikanischen Astronauten Grissom, White und Chaffee und der Tod des sowjetischen Kosmonauten Komarow haben die Frage aufgeworfen, ob solche Opfer notwendig und sinnvoll sind.

Es fehlt nicht an Stimmen, die meinen, daß die gesamte bemannte Raumfahrt überflüssig sei und daß man die Erforschung des Weltraumes getrost Automaten, also künstlichen Erdsatelliten, automatischen Raumstationen und interplanetaren Sonden überlassen könnte. Das ist allerdings ein großer Irrtum, denn es ist heute schon ganz sicher, daß man bestimmte wissenschaftliche und für die gesamte Menschheit eines Tages ungeheuer wertvolle Erkenntnisse zunächst über den Erdmond und die Planeten unseres Sonnensystems nur gewinnen und in ihrer ganzen Tiefe ausschöpfen kann, wenn der Mensch selbst an Ort und Stelle seine Wahrnehmungen trifft.

Insofern ist der Tod von Raumfahrern nicht sinnlos, denn was wir heute im erdnahen Kosmos an bemannten Raumflügen erleben, sind Trainingsflüge. Die Raumfahrer der Gegenwart sind Pioniere eines neuen, des kosmischen Zeitalters. Deshalb ehren, achten und bedauern wir den Tod der amerikanischen Astronauten genauso wie den Tod von Oberst Wladimir Komarow, der – man ist versucht, zu sagen – das erste echte Opfer eines Weltraumfluges wurde.

Wenn allerdings die amerikanischen Manager der Raumfahrt angesichts aufgedeckter Mängel an der Apollo-Kapsel und ohne die notwendigsten Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, einen solchen Bodentest ausführen ließen, so kann in einem solchen Fall sinnlos werden, was im ganzen durchaus sinnvoll ist und dem Fortschritt der gesamten Menschheit dient.

Unglücksfälle sind bei Pioniertaten noch niemals ausgeblieben. Auch dann, wenn der bemannte Flug zum Mond und zu den Planeten zu einer Selbstverständlichkeit geworden sein wird, können dann und wann Katastrophen eintreten, die unter Umständen einigen Kosmonauten das Leben kosten werden.

Die Sowjetunion hatte sich in einer über zweijährigen Pause in der bemannten Raumfahrt auf das Experiment mit Sojus 1 äußerst gründlich vorbereitet.

Es gehörte zweifellos zu den sehr verantwortungsvollen Sicherungsmaßnahmen der sowjetischen Raumfahrtbehörden, dieses neue und sicherlich bisher größte Raumschiff bei diesem Erprobungsflug nur von einem Kosmonauten fliegen zu lassen. Wenn man ausgehend von annähernd gleichen Bahnen und auf die Tageszeit bezogenen gleichen Startterminen Rückschlüsse ziehen darf, kann man annehmen, daß Sojus 1 in den Kosmos-Raumflugkörpern 140, 146 und 154 unbemannte Vorgänger hatte, bei denen alles klappte und die nach einem Flug von jeweils 24 Stunden sicher auf der Erde gelandet wurden.

Mit Sojus 1, dem zweifellos bisher technisch vollkommensten Raumschiff ist die dritte sowjetische Raumschiffgeneration im Kosmos gewesen. Von jeder Serie wurden genau so viele Raumschiffe gestartet, wie zur Lösung der gestellten Aufgaben und zur Vorbereitung des nächsten Schrittes notwendig waren.

Der Flieger-Kosmonaut Wladimir Komarow war einer der ältesten und erfahrensten Raumpiloten aus der sowjetischen Kosmonautenmannschaft. Seit 25 Jahren war er aktiv als Flieger tätig und hat über 500 Flugstunden in den verschiedensten sowjetischen Maschinen absolviert. Jahrelang stellte er seine reichen Erfahrungen als Ausbilder für Fallschirmspringer und Einflieger zur Verfügung. 1959 machte er an der Shukowski-Akademie seinen Diplom-Ingenieur und bereitete sich zuletzt auf seine Promotion vor.

Er wurde deshalb auf Grund seiner nachgewiesenen Befähigung am 12. Oktober 1964 als Kommandant von Woschod 1 eingesetzt und bewährte sich — wie wir wissen — so hervorragend, daß er den ehrenvollen Auftrag erhielt, das neue Raumschiff „Sojus 1“ zu testen.

Der Flug von Oberst Komarow war und bleibt ein wichtiger und erfolgreicher Bestandteil auf dem Wege zu den Sternen. Oberst Komarow hatte bis zur letzten Phase der Landung das vorgesehene Testprogramm erfüllt und die geplanten wissenschaftlichen Experimente vorgenommen.

Oberst Juri Gagarin erklärte dazu kürzlich, daß neue Flüge mit dem Raumschiff Sojus folgen werden. Allerdings erst dann, wenn die Ursachen des Absturzes von Sojus 1 bis in alle Einzelheiten geklärt und beseitigt sind. Gagarin würdigte die ausgezeichnete Arbeit Komarows während des Fluges und betonte, daß dieser keine Mängel an den Lebenserhaltungssystemen gemeldet habe. Auch die telemetrischen Informationen hätten das einwandfreie Funktionieren der Systeme bestätigt.

Die Messungen der Abstiegsbahn hätten ergeben, daß sowohl die Phase des aktiven Bremsens mit Hilfe des Bremstriebwerkes als auch das nachfolgende passive Abbremsen des Raumschiffes in den dichteren Schichten der Atmosphäre normal verliefen. Naturgemäß sei die Funkverbindung zu Sojus 1 abgebrochen, als beim Eintritt in die dichteren Schichten der Atmosphäre die Außenantennen verbrannten. Zu diesem Zeitpunkt sei aber das Raumschiff bereits in Sichtweite von Radarstationen auf der Erde gewesen.

Als erster sowjetischer Kosmonaut flog Wladimir Komarow auf einer nahezu kreisförmigen Bahn (Perigäum 201 km, Apogäum 224 km) mit einem Neigungswinkel zum Äquator von 51 Grad (Wostok und Woschod 65 Grad) mit einer Umlaufzeit von 88,6 Minuten.

Der Flug von Wladimir Komarow gehörte zum Plan der sowjetischen Wissenschaft, mit dem systematisch der bemannte Flug zum Mond vorbereitet wird. In Erfüllung dieser großen Aufgabe ließ Wladimir Komarow sein Leben. Seine Taten aber — die Erprobung des ersten Dreimann-Raumschiffes Woschod 1 und des neuen Raumschiffes Sojus 1 sind für immer in die Geschichte der Raumfahrt und der Menschheit eingegangen.

Das Präsidium der Deutschen Astronautischen Gesellschaft richtete an die Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau folgendes Telegramm:

Sehr geehrte Genossen!

Zum Tode des Kosmonauten und Helden der Sowjetunion, Oberst Komarow, der nach Erfüllung aller seiner Aufgaben an Bord des Raumschiffes Sojus 1 in der letzten Phase der Landung auf tragische Weise ums Leben kam, sprechen wir Ihnen unser tiefempfundenes Beileid aus. Wir sind davon überzeugt, daß auch dieser Flug einen wichtigen Meilenstein bei der Vorbereitung neuer Erfolge der sowjetischen bemannten Raumfahrt bildet.

Präsidium der Deutschen Astronautischen Gesellschaft
Herbert Pfaffe, Wissenschaftlicher Sekretär

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt im Jahre 1966

KARL-HEINZ NEUMANN

Das Jahr 1966 war vor allem durch die großen Erfolge der Sowjetunion bei der direkten Untersuchung und Erforschung unseres natürlichen Trabanten gekennzeichnet. So, wie wir es schon aus früheren Jahren kennen, gab es wiederum einige Unternehmungen, die wesentliche Schritte darstellen und von sowjetischen Wissenschaftlern erstmalig erfolgreich ausgeführt wurden. Das sind die erste weiche Landung auf unserem natürlichen Trabanten durch Luna 9, die Schaffung des ersten künstlichen Satelliten des Mondes durch Luna 10 und das erstmalige „Treffen“ unseres nächsten Nachbarplaneten Venus durch die sowjetische Sonde Venus 3.

Neben diesen bedeutungsvollsten sowjetischen „Premieren“ in der Entwicklung der Raumfahrt sind andere ebenfalls bedeutungsvolle Ersteinsetzungen kosmischer Apparate und Methoden zu nennen, die im weiteren noch behandelt werden.

Zuerst soll ein statistischer Überblick gegeben werden. Im Jahre 1966 wurden 24 „kurzlebige“ Kosmos-Satelliten auf ihre Umlaufbahn gebracht. Erstmals umkreiste ein für biologische Experimente ausgelegter Kosmos-Satellit die Erde für 22 Tage. Zwei sogenannte Wetter-Kosmos-Satelliten (von Kosmos 122 wurden erstmalig Wetterfotos veröffentlicht) sind im vergangenen Jahr eingesetzt worden. Dazu kommen weitere sieben langlebige Kosmos-Satelliten. Der dritte Proton-Satellit erreichte seine Erdumlaufbahn. Ferner setzte man zwei neue kombinierte Nachrichten- und Wetterbeobachtungssatelliten vom Typ Molnija 1 ein. In Richtung Mond wurden fünf Sonden gestartet, von denen zwei auf der Oberfläche weich landeten, während die drei restlichen den Mond als künstliche Satelliten umkreisen.

Betrachten wir zunächst die sowjetischen Satelliten der Kosmos-Serie. Der erste im Jahr 1966 gestartete hatte die Bezeichnung Kosmos 104, der letzte die Bezeichnung Kosmos 137.

In Abb. 1 (S. 160) ist ein Überblick über die wesentlichsten Bahnelemente dieser Satelliten gegeben. Zum größten Teil umkreisten sie die Erde für jeweils 8 Tage. Einige Ausnahmen fallen auf. Es sind dies Kosmos 111, der sich nur 1,5 Tage in seiner Erdumlaufbahn befand; Kosmos 125, der die Erde 13 Tage umkreiste; Kosmos 129, der sich 6,75 Tage in seiner Bahn bewegte und schließlich Kosmos 133, dessen Bahnneigung in der TASS-Meldung nicht genannt wurde. Er umkreiste die Erde ebenfalls nur 2 Tage. Alle anderen kurzlebigen Kosmos-Satelliten befanden sich 8 Tage in ihrer Bahn.

Ein großer Teil der genannten Satelliten konnte meist für die gesamte Zeit ihres Erdumlaufes an der „Satellitenbeobachtungsstation Deutsche Astronautische Gesellschaft und Junge Welt“ funktechnisch verfolgt werden.

Als neuer Fakt trat eine bisher von der Sowjetunion noch nicht verwendete Bahnneigung bei einigen der kurzlebigen Kosmos-Satelliten auf. Sie beträgt rund 73 Grad. Kosmos 112 war der erste dieser Satelliten. Auffällig ist bei ihm das relativ hohe Apogäum (565 km). Ein weiterer Satellit mit ähnlich hohem Apogäum dieser Klasse wurde nicht eingesetzt.

Rund 73 Grad Bahnneigung hatten noch die Kosmos-Satelliten 114, 121 und 131. Ihre Flugbahnhöhen entsprechen aber den normalen Serien-Kosmos-Satelliten mit 65 Grad Bahnneigung.

Eine weitere Besonderheit der Kosmos-Satelliten mit rund 73 Grad Bahnneigung bestand darin, daß der Empfang ihrer Funksignale nicht so günstig war, wie bei denen mit 52 bzw. 65 Grad Bahnneigung.

Über diese Satelliten liegen auch Ergebnisse funkt technischer Beobachtungen, die in England ausgeführt wurden, vor. Eine Analyse der dortigen Beobachtungen mit Hilfe eines Elektronenrechners erlaubte folgende Schlußfolgerung:

Der Startort dieser Satelliten ist nicht das bisher bekannte Startgelände Baikonur. Nach einer vorläufigen Bestimmung meint man, daß diese Satelliten von einem Startgebiet, welches südlich von Archangelsk auf dem 40. Längengrad östlicher Länge liegt, aufgelassen worden sind. Auch Kosmos 129, der allerdings eine Bahnneigung von 65 Grad hatte, wird zu den von diesem Startkomplex aufgelassenen Satelliten gezählt. Leider liegen von unserer Seite speziell von Kosmos 129 nur sehr wenige Beobachtungen vor, so daß eine vergleichende Analyse nicht möglich ist.

Bei Kosmos 112 (dem ersten Satelliten mit der hohen Bahnneigung) trat auch erstmalig in der bisherigen Entwicklung die Tatsache auf, daß bereits 4 Tage nach seinem Start der nächste kurzlebige Kosmos-Satellit mit der Bezeichnung Kosmos 113 aufgelassen wurde. Es haben also zwei kurzlebige Kosmos-Satelliten die Erde gleichzeitig umkreist. Am 21. und 22. 3. 1966 konnten von uns die Signale beider Satelliten während des ganzen Tages empfangen werden.

Wie auch schon in den Vorjahren hatte ein Teil der kurzlebigen Kosmos-Satelliten eine Bahnneigung von rund 52 Grad. Es sind insgesamt fünf, und zwar Kosmos Nr. 111, 120, 124, 126 und 127. Mit Ausnahme von Kosmos 111 entsprechen ihre Bahnhöhen denen der normalen kurzlebigen Kosmos-Satelliten mit 65 Grad Bahnneigung. Von der Normalen abweichende Bahnhöhen hatten vier der kurzlebigen Kosmos-Satelliten. Schon erwähnt wurde Kosmos 112 mit seinem auffallend hohen Apogäum. Zu nennen sind noch Kosmos 111 und 133 mit sehr tief liegenden kreisähnlichen Umlaufbahnen, sowie der schon erwähnte Kosmos 125 (wegen seiner Lebensdauer von 13 Tagen) mit einer Kreisbahn in 250 km Höhe.

Insgesamt gesehen kann man feststellen, daß seit 1962 eine ständige Steigerung in der Zahl der eingesetzten kurzlebigen Kosmos-Satelliten zu verzeichnen ist. Abb. 2 (S. 161) gibt die Anzahl der Starts dieser Satelliten pro Jahr wieder. In Abb. 3 (S. 161) ist die jährliche Zuwachsrate dieser Satelliten verzeichnet. Die stärkste Zuwachsrate hatten wir von 1964 bis 1965 mit 7, die zweitstärkste von 1963 bis 1964 mit 6, und von 1965 bis 1966 beträgt die Zuwachsrate der Satelliten dieses Typs nur 3, wie die Zuwachsrate von 1962 bis 1963.

In Abb. 4 (S. 161) finden wir noch einmal die Verteilung der Starts dieser Satelliten auf die einzelnen Monate, verglichen mit der Anzahl der Starts im Jahre 1965.

Bei den langlebigen Kosmos-Satelliten mit rund 49 Grad Bahnneigung fanden im Jahre 1966 insgesamt 7 Starts statt. Vier dieser Satelliten, Kosmos 106, 116, 123 und 125, hatten ein Apogäum im Höhenbereich zwischen rund 500 und 600 km. Die drei restlichen Satelliten dieser Klasse (Kosmos 108, 119 und 137) hatten bedeutend höhere Apogäen. Auffällig sind hierbei die mit der Folge ihres Starts ansteigenden Apogäumshöhen, die beim letzten Kosmos-Satelliten des Jahres 1966 bis zu 1720 km reichen.

In Abb. 5 (S. 161) finden wir vergleichsweise die Starts dieser Satelliten in den vergangenen Jahren nebeneinander gestellt. Hier zeigt sich eine Konstanz in der Anzahl der eingesetzten Satelliten. Lediglich 1963 macht mit nur vier Starts von Satelliten dieses Typs eine Ausnahme. In den anderen Jahren seit der Existenz von Kosmos-Satelliten haben wir jeweils sieben Starts zu verzeichnen.

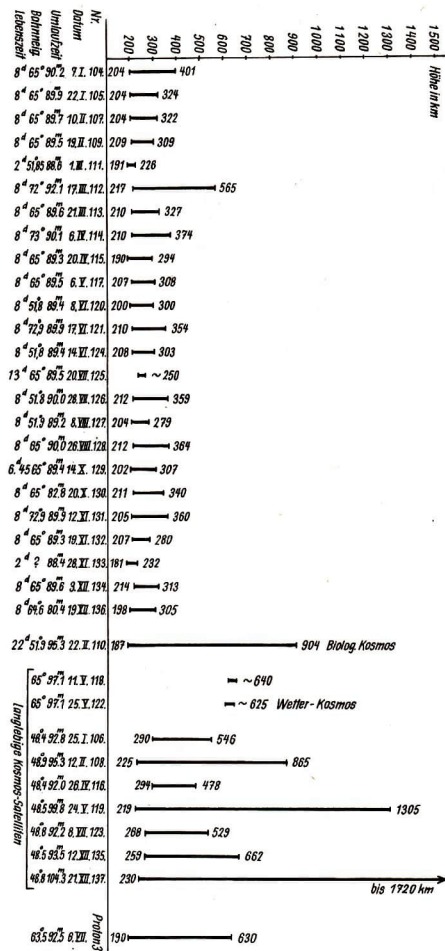
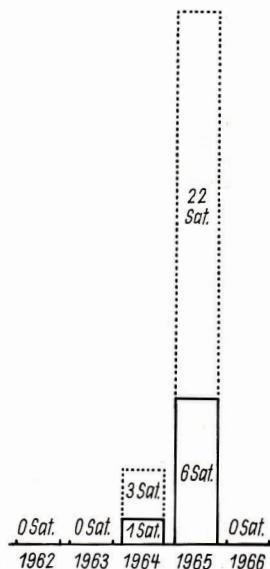


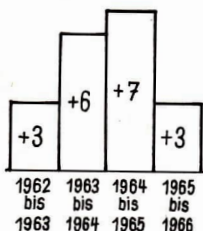
Abb. 1



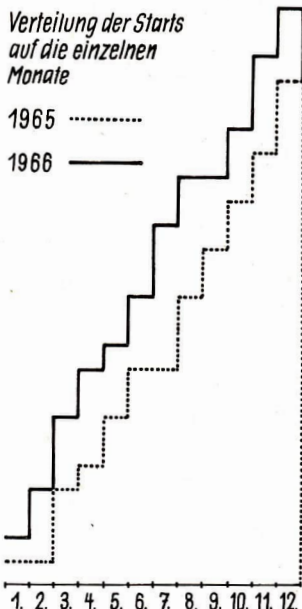
Kosmos-Sat. mit 56° Bahnneigung

▲ Abb. 2

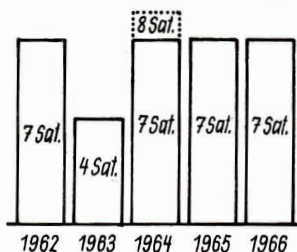
**Zuwachsrates
an kurzlebigen
Kosmos-Satelliten**



◀ Abb. 3



▲ Abb. 4



Langlebige Kosmos-Satelliten
mit ~49° Bahnneigung

▶ Abb. 5

Auffällig ist, daß im Jahre 1966 keine Mehrfach-Starts von Kosmos-Satelliten erfolgten. Erstmalig fanden Mehrfach-Starts 1964 statt, 1965 gelangten bei 6 Mehrfach-Starts insgesamt 22 Satelliten auf ihre Umlaufbahn. Diese Satelliten haben bzw. hatten eine Bahnneigung von 56 Grad.

Eine Sonderstellung nehmen die Kosmos-Satelliten mit 65 Grad Bahnneigung und einer kreisähnlichen Bahn im Bereich zwischen 600 und 650 km Höhe ein. Schon früher war vermutet worden, daß es sich hierbei um Experimente für die Verwendung von Wetterbeobachtungs-Satelliten handelt. Diese Vermutung ist in diesem Jahr bestätigt worden. Von Kosmos 122 hat die Sowjetunion erstmalig Wolkenfernschtaufnahmen veröffentlicht und diese auch den amerikanischen Wetterdienststellen im Austausch gegen amerikanische Wetterfotos zur Verfügung gestellt. Ein zweiter Satellit mit ähnlicher Bahn, Kosmos 118, ist ebenfalls in diesem Jahr gestartet worden. Er wird sicherlich — wie seine Vorgänger (Kosmos 44, 58 und 100) — Vorversuchen für den Einsatz derartiger Satelliten gedient haben.

Über Kosmos 122 wurden detaillierte Angaben veröffentlicht, die es gestatten, sich einen Überblick über die vielfältigen wissenschaftlichen Aufgabenstellungen dieser meteorologischen Satelliten der Sowjetunion zu verschaffen.

Im wesentlichen kann man 3 Aufgaben-Komplexe unterscheiden: Als ersten die Aufzeichnung von Fernsehbildern der Erdoberfläche im sichtbaren Bereich des Spektrums. Diese Bilder können an Bord gespeichert und auf Funkbefehl zu den sowjetischen Bodenstationen übertragen werden. Auf ihnen erkennt man den Bewölkungsgrad und die Struktur der Bewölkung. Dabei wird ein Gebiet von etwa 1000 km Breite „überblickt“, da der Satellit in rund 600 km Höhe fliegt. Während eines Tages kann also fast die gesamte Erdoberfläche im Bereich zwischen den geografischen Breiten ± 65 Grad durch einen einzigen Satelliten erfaßt werden.

Der zweite Komplex betrifft die Aufnahmen der Erdoberfläche bzw. der Troposphäre im Gebiet der Infrarotstrahlung. Hier wird im Wellenlängenbereich zwischen 8 und 12 Mikron gearbeitet. Dieser gestattet es, die Infrarotaufnahmen nicht nur nachts — also auf der Schattenseite der Erde — auszuführen, sondern auch am Tage in diesem Bereich die Erdoberfläche zu fotografieren (im Gegensatz zu den amerikanischen Infrarotaufnahmen). Solche am Tage gewonnenen Aufnahmen gestatten durch den Vergleich mit den im sichtbaren Bereich gemachten Fernsehaufnahmen eine bessere und sicherere Interpretation der Infrarotnachtsaufnahmen.

Der dritte Bereich der mit diesen Wettersatelliten gemachten Messungen betrifft die von der Erdoberfläche reflektierte bzw. ausgehende Strahlung, vor allem wiederum im Infrarotbereich. Die Messungen erfolgen in drei Spektralbereichen. Der erste Bereich von 0,3 bis 3 Mikron (sichtbares Licht und benachbarter infraroter Bereich) ermöglicht, die Intensität der reflektierten Strahlung zu bestimmen. Dabei reflektieren die Wolken den größten Teil der Strahlung dieses Bereiches — rund 80 Prozent —, das Festland dagegen etwa 30 Prozent und die Meeresoberfläche einen noch geringeren Teil. Die Untersuchungen im zweiten Bereich, der von 8 bis 12 Mikron reicht, machen es möglich, die Temperaturen der vom Satelliten aus sichtbaren Erdoberfläche bzw. Wolkenoberfläche zu bestimmen. Die Temperatur der Wolkenoberfläche hängt außerdem von ihrer Höhe über der Erdoberfläche ab. Damit liefern die Meßwerte dieser Apparaturen praktisch auch Angaben über die Höhe der Wolkenobergrenze. Als drittes schließlich wird die Strahlung im Wellenlängenbereich von 3 bis 30 Mikron gemessen. Damit kann man die Gesamtwärmestrahlung, die von der Erde bzw. ihrer Atmosphäre reflektiert bzw. abgestrahlt wird, bestimmen.

Während die Wolkenbilder bzw. Infrarotaufnahmen nach Erhalt direkt ausgewertet werden können, gelangen die Strahlungsmeßwerte sofort in eine elektro-

nische Rechenapparatur, die in der Lage ist, diese Meßwerte zu verarbeiten und sozusagen ausgedruckte Kartenbilder den Wissenschaftlern innerhalb weniger Minuten zur Verfügung zu stellen.

Die Kosmos-Satelliten dieser Serie besitzen große Flächen mit Solarbatterien, die ständig nach der Sonne ausgerichtet sind. Die optischen Systeme sowie die Meßapparaturen dagegen sind ständig nach der Erde orientiert. Die Verwendung von Sonnenbatterien als Energiequellen garantiert eine relativ lange Lebenszeit dieser sowjetischen Wetter-Satelliten. Bei den Meldungen bzw. Veröffentlichungen zu Kosmos 122 hieß es, daß die Ergebnisse schon für den operativen Wetterdienst sowie für das Training der Spezialisten des Wetterdienstes und außerdem für die wissenschaftliche Forschung benutzt werden.

Eine Sonderstellung in der Serie der Kosmos-Satelliten nimmt der sogenannte Bio-Satellit, Kosmos 110, ein. Mit ihm wurde ein 22 Tage dauerndes umfangreiches medizinisch-biologisches Experiment ausgeführt. Neben den beiden Hunden „Weterek“ und „Ugoljok“ befand sich an Bord eine große Zahl von Kleinst-Lebewesen, so auch verschiedene Hefestämme, Blutserumproben, Präparate verschiedener Eiweiße, einige Chlorellastämme und einige Stämme lysogener Bakterien.

Von den vor dem ersten bemannten Raumflug durchgeführten biologischen Experimenten mit Hunden und anderen kleineren Lebewesen, unterschied sich das Unternehmen Kosmos 110 grundsätzlich. Die ausgeführten Experimente, Messungen und Untersuchungen, sowohl während des Fluges als auch nach dem Flug, waren in ihrer Zielstellung um ein Vielfaches weitergehend als die genannten ersten Experimente. Abgesehen davon, daß die Flugdauer, d. h. also der Zustand der Schwerelosigkeit für die beiden Hunde, auf 22 Tage verlängert worden war, das Apogäum bei über 900 km Höhe lag, der Raumflugkörper also schon in die unteren Bereiche der Strahlungsgürtel eindrang, gab es bei der Versorgung der beiden Tiere grundsätzlich andere Systeme. Die Ernährung erfolgte beispielsweise durch eine Zuleitung direkt in den Magen der Tiere. Es wurden auch die verschiedensten chemischen Medikamente angewendet (es ist z. B. bekannt, daß die Wirkung pharmazeutischer Mittel unter dem Zustand der Schwerelosigkeit keineswegs die gleiche sein muß, wie auf der Erde).

Die Messung biologischer Funktionen ist ebenfalls gegenüber den früheren Experimenten sehr stark erweitert. So erfolgt z. B. die Messung des Arterienendrucks mit einer Sonde, die in die Arterie des Tieres eingesetzt ist. Diese Sonde wird außerdem zur Einführung pharmakologischer Präparate benutzt. Das wiederum gestattet eine Beurteilung des funktionellen Zustandes der reflektorischen Regulation des Kreislaufsystems.

Die Registrierung der Bioströme des Herzens geschieht mit Hilfe eingesetzter Elektroden. Die Pulscurve wird von der in einen Hautlappen verlegten Kopfschlagader abgenommen. Ferner wird die mechanische Herztätigkeit, das Seismokardiogramm und die Atmung direkt gemessen. In die peripherischen Nerven (z. B. in den Sinusnerv) sind Elektroden eingesetzt. Damit ist es möglich, die Funktion zentraler Abschnitte des Großhirns zu beurteilen, die den Gefäßtonus regulieren.

Für spätere bemannte Raumflugunternehmen waren die nach dem Flug ausgeführten Untersuchungen über den Zustand dieser Tiere, vor allem bezüglich der Regeneration des bei der 22tägigen Schwerelosigkeit aufgetretenen geringen Muskelschwundes und anderer physiologischer Änderungen, von außerordentlicher Bedeutung. Die USA haben noch kein annähernd gleichwertiges Experiment entgegen zu stellen, ihr 1966 gestarteter Bio-Satellit ist bekanntlich verloren gegangen.

Ein weiterer Satellit der Serie Proton, der bisher massereichsten sowjetischen Satelliten, ist im Jahre 1966 eingesetzt worden. Auch seine Masse beträgt mehr als 12 Tonnen.

Die wissenschaftlichen Aufgaben dieses Satelliten betreffen zwei Hauptpunkte. Als erstes Kontrollexperimente zur Bestätigung der mit Proton 1 und Proton 2 erhaltenen wissenschaftlichen Ergebnisse bezüglich der Teilchen höchster Energie in der primären kosmischen Strahlung. Als zweites gibt es hier eine neue Aufgabenstellung, die Erforschung bzw. „Entdeckung“ von Teilchen, deren Existenz theoretisch vorausgesagt wird.

Diese Teilchen sollen eine Ladung von nur einem Bruchteil der bisher bekannten Elementarteilchen haben. Es sollen sozusagen die „Bausteine“ der Elementarteilchen sein. Sie können nur bei dem Zusammenstoß von Teilchen der kosmischen Primärstrahlung überhoher Energie mit Atomen des interstellaren Mediums auftreten. Proton 3 ist mit einer Apparatur ausgerüstet, die die Existenz derartiger „Bausteine“ der Elementarteilchen in der kosmischen Primärstrahlung nachweisen könnte.

Interessant ist außerdem, daß bei Proton 3 die Nutzfläche der Apparatur zur Erforschung der schweren Kerne in der primären kosmischen Strahlung gegenüber seinen beiden Vorgängersatelliten fast verzehnfacht werden konnte. Proton 3 ist also praktisch – wie schon die beiden ersten Satelliten dieser Serie – ein automatisch arbeitendes kernphysikalisches Laboratorium auf einer Erdumlaufbahn, jedoch mit erweiterter Aufgabenstellung.

Die im Frühjahr und im Herbst 1966 gestarteten beiden Satelliten der Serie Molnija 1 bedeuten gegenüber ihren beiden im Vorjahr gestarteten Vorgängern ebenfalls weitere Entwicklungsfortschritte. Neu war bei diesen beiden Satelliten, daß sie nicht nur als Relais-Satelliten für Fernseh-, Versuchsfarbf Fernseh-, Funk-, Telefonie- und Telebildsendungen über dem Territorium der Sowjetunion sowie zwischen der Sowjetunion und Frankreich eingesetzt wurden, sondern daß infolge ihrer relativ großen Nutzmassekapazität diese Satelliten eine zweite Aufgabe übernehmen konnten. Es war möglich, in ihnen Fernsehkameras zu installieren, die Bilder über die Wolkenverteilung auf der Nordhalbkugel der Erde senden konnten.

Bekanntlich liegt das Apogäum dieser, aus einer Parkbahn gestarteten Satelliten über der Nordhalbkugel der Erde. Etwa 9 Stunden ihres rund 12 Stunden dauernden Erdumlaufes befinden sie sich im Empfangs- bzw. Sendebereich sowjetischer Bodenstationen. Diese Wolkenaufnahmen sind eine wertvolle Ergänzung der mit den Kosmos-Satelliten gewonnenen Wetterinformationen. Sie geben einen Gesamtüberblick über die Nordhalbkugel unserer Erde. Großräumige Veränderungen der Wetterlage können aus den von diesen Satelliten übertragenen Wetterfotos mit einem Blick erkannt werden.

In das Jahr 1966 fällt ferner die „Ankunft“ der beiden sowjetischen Venus-Sonden (gestartet im November 1965). Während die Station Venus 2 unseren Nachbarplaneten in einem Abstand von nur 24 000 km passierte (eine derart präzise Flugbahn wurde erreicht, ohne daß eine Bahnkorrektur während des Fluges vorgenommen werden mußte), erreichte Venus 3 die Oberfläche unseres Nachbarplaneten. In diesem Falle war eine Bahnkorrektur durchgeführt worden. Venus 3 war damit der erste von Menschenhand geschaffene Körper, der auf einen Nachbarplaneten gelangte.

Bedauerlicherweise fiel bei beiden sowjetischen Venus-Sonden kurz vor ihrer Annäherung an den Planeten die Funkverbindung aus. Über die Ursachen des Ausfalls der Funkverbindung besteht bis jetzt noch keine Klarheit. Während des Fluges zur Venus haben zumindest beide sowjetischen Sonden zahlreiche wissenschaftliche Informationen über die physikalischen Verhältnisse des interplanetaren Raumes zur Erde gesendet. Das betrifft sowohl das interplanetare Magnetfeld, die kosmische Strahlung im interplanetaren Raum, die von der Sonne ausgehende

energiearme Strahlung (Sonnenwind), die Mikrometeoritenhäufigkeit und deren Energie sowie die kosmische Radiostrahlung

Die größten Erfolge hatte die Sowjetunion in der Mondforschung. Die beiden ersten sowjetischen Mondsatelliten, Luna 10 und Luna 11, führten detaillierte Messungen der physikalischen Verhältnisse im mondnahen Raum und der von der Mondoberfläche reflektierten und ausgehenden Strahlung aus. Der Mondsatellit Luna 12 schließlich sendete Detailfotos aus 100 km Höhe über der Mondoberfläche.

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt im ersten Halbjahr 1967

KARL-HEINZ NEUMANN

Das erste Halbjahr 1967 ist gekennzeichnet durch eine außerordentliche Zunahme in der Häufigkeit der Starts sowjetischer Kosmos-Satelliten. Bis zum 18. Juni 1967 (Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichtes) wurden bereits 30 Kosmos-Satelliten auf ihre Flugbahn gebracht.

Hatten wir schon in den beiden letzten Jahren gegenüber 1964 mit 24 Kosmos-Starts eine Zunahme um etwa ein Drittel zu verzeichnen, 1965 waren es 36 Kosmos-Starts, 1966 34 Starts, so ist mit 30 Starts bis Mitte Juni bereits ein Stand erreicht, der in den beiden vorangegangenen Jahren erst Ende November zu verzeichnen war.

Behält die Sowjetunion diese Starthäufigkeit in den weiteren Monaten dieses Jahres bei, so können wir für 1967 mit einer Verdopplung der Anzahl der Kosmos-Starts rechnen. Bisher hat eine Verdoppelung der Anzahl nur im Jahre 1964 mit 24 Kosmos-Satelliten pro Jahr gegenüber den Jahren 1962 und 1963 mit je 12 Kosmos-Satelliten-Starts stattgefunden.

Die eben getroffene Feststellung führt logischerweise zu einer Reihe von Schlußfolgerungen. Als erstes kann man sagen, daß das Netz der Bodenstationen, Leit- und Empfangsstationen sowie die Anzahl der Auswertungsstellen für die immer größer werdende Zahl der einlaufenden Informationen von diesen Satelliten gewaltig erweitert und ausgebaut worden sein muß. Eine derartige Steigerung in der Anzahl der Satelliten, die in diesem Jahr eingesetzt worden sind, kann nur dann möglich sein, wenn der größte Teil der einlaufenden Informationen durch elektronische Rechen- und Datenverarbeitungsanlagen aufbereitet wird.

Diese Schlußfolgerung drängt sich vor allem deshalb auf, da ein wesentlicher Teil der Zuwachsrate an der Starthäufigkeit von Kosmos-Satelliten in diesem Jahr auf Kosten langlebigerer Satelliten geht.

Eine weitere Schlußfolgerung wäre, daß die Aufgabenstellung der Kosmos-Satelliten erweitert worden ist und die „Überwachung“ des erdnahen kosmischen Raumes kontinuierlicher geworden ist. Wie noch zu zeigen sein wird, kann man Erstgesagtes an Hand der Wetterbeobachtungssatelliten aus den bisher bekannt

gewordenen Informationen beweisen. Leider liegen nicht genügend Informationen vor, um das auch bei anderen Satellitentypen deutlich zu machen.

In einem ausführlichen Beitrag in der Zeitschrift „Aviazia i Kosmonautika“ sind zwar umfangreiche Informationen über die Kosmos-Satelliten, ihre Aufgabenstellungen und wissenschaftlichen Ergebnisse veröffentlicht worden. Augenscheinlich handelt es sich aber hierbei nur um diejenigen Kosmos-Satelliten, die von uns früher in der Kategorie der „49-Grad-Bahnneigung-Kosmos“ geführt wurden.

Über die übrigen Kosmos-Satelliten liegen keine exakten Informationen — mit einer Ausnahme — vor. (Wetterbeobachtungs-Kosmos-Satelliten nicht einbezogen.) Wir konnten inzwischen erfahren, daß sich bei sämtlichen Kosmos-Satelliten, die nach meist 8 Tagen zur Erde zurückgeführt werden, biologische Versuchsobjekte an Bord befanden. Mit Ausnahme von Kosmos 110 handelte es sich um Klein- und Kleinstlebewesen tierischer und pflanzlicher Natur. Daraus wird deutlich, welcher großen Wert die sowjetische Wissenschaft auf biologisch-medizinische Untersuchungen bezüglich der Raumfahrt legt.

Betrachten wir nun die bis zum 18. Juni 1967 gestarteten Kosmos-Satelliten, und versuchen wir, in Anlehnung an frühere Veröffentlichungen eine gewisse Systematik zu finden. Diese Systematik hat natürlich hypothetischen Charakter und stützt sich im wesentlichen auf die einzigen bekanntgegebenen Größen, die Flugbahnelemente.

Zunächst diejenigen Kosmos-Satelliten, die an unserer Satellitenbeobachtungsstation funktechnisch verfolgt werden konnten.

Als erste die Gruppe der seit dem Jahre 1962 eingesetzten Satelliten mit rund 65 Grad Bahnneigung und Umlaufzeiten zwischen 89,2 und rund 90 Minuten. Es wurden im ersten Halbjahr 1967 sieben dieser Satelliten gestartet.

Wir haben also, gegenüber dem vergangenen Jahr, nur eine geringe Steigerung, von der Zahl her gesehen, zu verzeichnen. Zwei dieser Satelliten, Kosmos 138 und Kosmos 153, hatten relativ tiefliegende Bahnen, zwei weitere, Kosmos 151 und 161, hochliegende Bahnen, während die drei übrigen, Kosmos 143 und 147 und 164 mittlere Höhen hatten. (Unter tief und hoch soll hier nur der Bereich zwischen den genannten Grenzen der Umlaufzeit verstanden sein.) Alle Satelliten — außer Kosmos 164 — sind nach 8 Tagen Umlaufzeit zur Erde zurückgeführt worden. Letztgenannter befand sich (nach unseren funktechnischen Beobachtungen) nur 6 Tage in seiner Bahn.

Während 1966 mehrere Satelliten mit rund 73 Grad Bahnneigung eingesetzt worden sind, haben wir im ersten Halbjahr 1967 nur einen einzigen Vertreter dieser Art, es ist Kosmos 141, dessen Signale ebenfalls wiederum nur 8 Tage empfangen werden konnten.

Zur Gruppe der Kosmos-Satelliten, die Bahnneigungen zwischen 51 und 52 Grad haben, können wir vier Satelliten zählen. Alle vier haben relativ tiefliegende Bahnen. Ihre Umlaufzeit beträgt bei fast allen 89,2 Minuten. Es sind dies Kosmos 155, 157, 162 und 167. Bis auf den letzten der genannten Satelliten konnten auch die Signale dieser künstlichen Erdtrabanten jeweils 8 Tage empfangen werden. Es ist deshalb fraglich, ob Kosmos 167 in diese Gruppe einzuordnen ist, obgleich seine Bahnelemente eine fast absolute Übereinstimmung mit den drei Vorgänger-Satelliten hatten.

Bleiben wir zunächst bei den Satelliten, bei denen in den vorangegangenen Jahren „Vorläufer-Prototypen“ zu finden waren.

Im ersten Halbjahr wurden zwei sowjetische Wetter-Satelliten eingesetzt. Es sind dies Kosmos 144 (Abb. S. 168) und Kosmos 156. Beide haben fast identische Bahnen.

Die Länge ihres aufsteigenden Knotens differierte in der anfänglichen Lebenszeit von Kosmos 156 um $95^{\circ}20'$. Beide wurden gemeinsam als System von Wetter-Satelliten eingesetzt; es erhielt die Bezeichnung „Meteor“. Der nachfolgende Satellit überflog jeweils rund 6 Stunden später das gleiche Gebiet. Damit war es möglich, Veränderungen der Wettersituation, die innerhalb von 6 Stunden vor sich gegangen waren, festzustellen.

Als nächstes zu nennen wären die Kosmos-Satelliten mit Bahnneigungen zwischen 48 und 49 Grad. Von diesem Typ wurden jeweils zwei mit relativ hohem und relativ niedrigem Apogäum eingesetzt. Es sind dies Kosmos 142 und 145 und Kosmos 163 und 166. Auffallend ist hier, daß die Bahnneigung bei allen vier Satelliten konstant 48,4 Grad beträgt. Satelliten mit derartigen Bahnen, wie die vier genannten, gab es von 1962 an.

Als letzter Satellit, der in den vorangegangenen Jahren bezüglich der Bahnelemente vergleichbare Vorgänger hatte, wäre Kosmos 151 zu nennen. Seine Bahnneigung beträgt 56 Grad. Während im Jahre 1966 kein derartiger Satellit gestartet wurde, tritt diese Bahnneigung im Jahre 1965 vor allem bei den Mehrfach-Satelliten auf. Mit einer kreisähnlichen Bahn in rund 630 km hat er ebenfalls Vorgänger.

Betrachten wir nun diejenigen Kosmos-Satelliten, die bezüglich ihrer Flugbahn keine vergleichbaren Vorgänger in den vorangegangenen Jahren hatten, die also neu sind. Auch hier kann man wiederum mehrere Gruppen unterscheiden, obgleich einige dieser Gruppen erst mit „einem Exemplar“ belegt sind.

Einen Extremfall bilden die beiden Kosmos-Satelliten 139 und 160. Sie haben die bisher tiefsten Perigäen sowjetischer Satelliten; sie liegen bei 144 bzw. 142 km. Ihre Bahnneigungen betragen 49,7 bzw. 49,6 Grad. Bei beiden Satelliten wurde von TASS keine Umlaufzeit genannt; nach englischen Quellen soll Kosmos 139 eine Umlaufzeit von 87,97 Minuten gehabt haben. Seine Lebenszeit soll 92 Minuten betragen haben. Das bedeutet, daß dieser Satellit nur einmal die Erde umkreist hat, das heißt, vom Start direkt gleich in die Rückkehrphase gelangte. Die Apogäen beider Satelliten liegen nur wenig über 200 km Höhe.

Man könnte hier zu der Vermutung gelangen, daß es sich bei diesen Satelliten um Experimente der Rückführung unter Benutzung aerodynamischer Kräfte zur Steuerung des Raumflugkörpers in der Rückkehrphase (Prinzip: Raumgleiter) gehandelt hat.

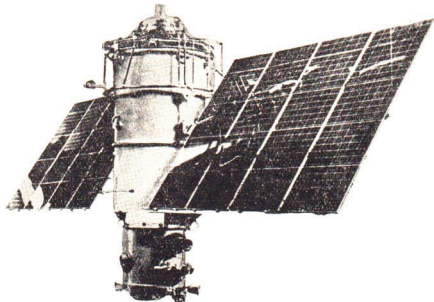
Genauere Informationen liegen über den Satelliten Kosmos 149 vor (Abb. S. 169). Bei einer Bahnneigung von 48,4 Grad hatte er eine tiefliegende Flugbahn zwischen 248 und 297 km Höhe. Es handelte sich hier um einen meteorologischen Satelliten, dessen Stabilisierung auf aerodynamischem Wege mit Hilfe eines ausgefahrenen Stabilisators sowie durch Massekreisel erfolgte.

Neuartig waren ferner zwei Satelliten, Kosmos 148 und Kosmos 152. Bei einer Bahnneigung von 71 Grad bewegten sie sich im Höhenbereich zwischen 280 und rund 500 km. Beide Satelliten wurden nicht zurückgeführt, ihre Startzeitpunkte im März liegen nur 8 Tage auseinander. Bisher sind keine weiteren Satelliten dieser Art eingesetzt worden.

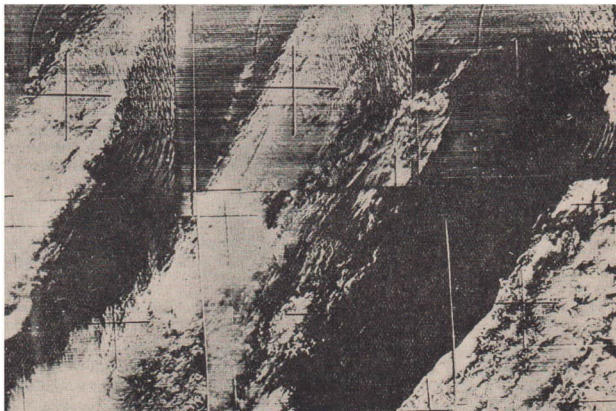
Kosmos 158 hat mit einer Kreisbahn in 850 km Höhe und $74,04$ Grad Bahnneigung ebenfalls keinen vergleichbaren Vorgänger.

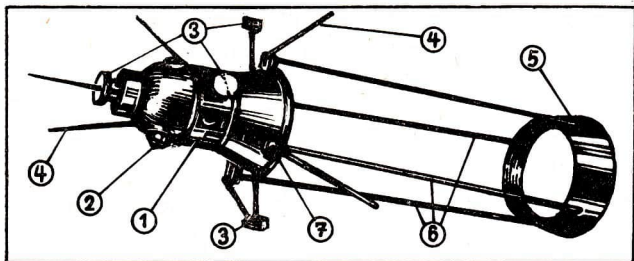
Von der Flugbahnhöhe her, 211 bis 1542 km, ähnelt Kosmos 165 den „normalen“ Satelliten mit 48 bis 49 Grad Bahnneigung. Hier tritt der außergewöhnliche Wert von $81,9$ Grad auf, die bisher größte Bahnneigung, die bei sowjetischen Satelliten gewählt worden ist.

Der sowjetische Wettersatellit Kosmos 144. Er bildet mit dem gleichartigen Kosmos 156 das meteorologische Beobachtungssystem „Meteor“. Die Bahnen beider Satelliten sind fast identisch. Die Längen ihrer aufsteigenden Knoten unterscheiden sich um rund 95 Grad. Dadurch überfliegt der zweite Satellit das gleiche Gebiet, das der erste sechs Stunden vorher überflogen hat. Durch den Vergleich der Wetterbilder und der Strahlungsmesswerte kann man sich also ein Bild von den über einem bestimmten Gebiet innerhalb von sechs Stunden vorgegangenen Veränderungen machen. Das ist für die Wettervorhersage sehr bedeutungsvoll. Innerhalb eines Tages erhält man von beiden Satelliten Informationen über die meteorologischen Verhältnisse von über 60 Prozent der Erdoberfläche.



Eines der Wetterbilder von Kosmos 144. Es zeigt die Südwestküste Afrikas sowie zwei ausgedehnte Wolkenstreifen. Bei einer Erdumkreisung erfassen die Fernsehkameras dieses Satelliten einen Streifen von etwa 1000 km Breite. Da die Bahnneigung 81,2 Grad beträgt, kann die gesamte Erdoberfläche „aufgenommen“ werden.





Der sowjetische Satellit Kosmos 149

1 = Hermetisch abgeschlossener Satellitenkörper mit einer Gasfüllung zur Wärmeableitung. – 2 = Objektive der Fernsehkameras. 3 = Geber für die aktinometrische Meßapparatur. – 4 = Antennen. – 5 = Reifenförmiger aerodynamischer Stabilisator. – 6 = Ausfahrbare Stangen für den aerodynamischen Stabilisator. – 7 = Mechanismus zum Ausfahren der Stangen.

Eine extreme Bahn erreichte Kosmos 159, mit einem Perigäum von 380 km reicht sein Apogäum bis zu 60 600 km Abstand. Seine Bahnneigung beträgt dabei 51,8 Grad.

Kosmos 146 könnte man normalerweise zur Gruppe der Kosmos-Satelliten zwischen 51 und 52 Grad rechnen. (Entsprechend seiner Bahnelemente.) Dieser Satellit zeigte aber einige Besonderheiten. Nach westlichen Quellen soll es sich dabei um einen außerordentlich großen Körper gehandelt haben (geschätzt 3 m Durchmesser, 10 m Länge), der außerdem zwei Teile ausgestoßen haben soll, die jeweils bei angenommener Kugelform je 3 m Durchmesser gehabt haben sollen. Der Satellit sendete (entgegen der ADN-Meldung) 8 Tage lang auf der Frequenz von 20,008 MHz. Danach sollen der Satellit und die beiden ausgestoßenen Körper ebenfalls nach 8 Tagen zur Erde zurückgeführt worden sein. (Wegen der von ADN nicht richtig gemeldeten Satelliten-Sendefrequenz wurden an unserer Station keine Signale empfangen.)

In der Serie der Kosmos-Satelliten des ersten Halbjahres 1967 bleiben nur noch Kosmos 140 und 154 zu beschreiben. Beide Satelliten hatten relativ tiefliegende Flugbahnen. Die Perigäen lagen bei 170 bzw. 186 km, die Apogäen bei 241 bzw. 232 km. Während von TASS für Kosmos 154 keine Bahnneigung angegeben wurde, betrug die von Kosmos 140 51,7 Grad. Es ist anzunehmen, daß die Bahnneigung von Kosmos 154 ebenfalls in der gleichen Größenordnung lag. Die Bahnen beider Satelliten entsprechen etwa der Bahn des Raumschiffes „Sojus 1“. Es liegt also nahe, daß es sich hierbei um unbemannte Vorversuche für das spätere bemannte Raumfahrt-unternehmen handelt.

Über den bemannten Raumflug des sowjetischen Raumschiffes „Sojus 1“ mit dem Kosmonauten Wladimir Komarow an Bord, und den tragischen Ausgang dieses Unternehmens, ist in der Tagespresse berichtet worden.

Bei den sowjetischen Satelliten der Serie „Molnija“ geht der Einsatz planmäßig weiter. Der 5. Satellit dieser Serie, der die gleiche Aufgabenstellung hat wie seine Vorgänger, ist am 25. Mai dieses Jahres auf seine Umlaufbahn gelangt.

Wie von der Sowjetunion angekündigt, startete am 12. 6. 1967 die Sonde Venus 4, die Mitte bis Ende Oktober 1967 die Nachbarschaft unseres Abend- bzw. Morgensternes erreichen wird. Mit ihrer Masse von 1106 kg ist sie die schwerste Sonde, die bisher in den interplanetaren Raum gestartet wurde.

**Beobachtungsstation
„Junge Welt“ der Deut-
schen Astronautischen Ge-
sellschaft beim Pfingsttref-
fen der Freien Deutschen
Jugend in Karl-Marx-
Stadt. Während der beiden
Feiertage hatte sie rund
16 000 Besucher.**



**Der Sekretär des ZK der
Sozialistischen Einheits-
partei Deutschlands, Wer-
ner Lamberz, besichtigt
eine funktionstüchtige So-
larbatterie, die als inter-
essantes Anschauungsob-
jekt großen Zuspruch fand.**





Leserbrief aus Leipzig an den Chefredakteur

Werter Herr Pfaffe!

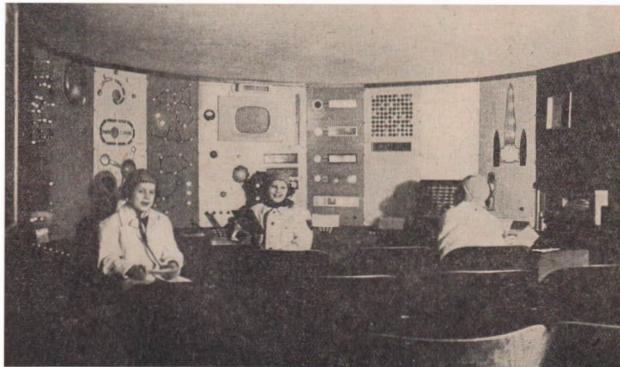
Aus dem Pionierhaus „Georg Schwarz“ in Leipzig grüßt Sie der Club Junger Kosmonauten „German Titow“! Wir möchten Ihnen einen kleinen Einblick in unser umfangreiches Arbeitsgebiet geben.

Der Club Junger Kosmonauten besteht seit 2 Jahren im Pionierhaus. Den Namen German Titow tragen wir seit einigen Monaten mit der persönlichen Genehmigung von German Titow. Unserem Club gehören zur Zeit 50 Pioniere und FDJler an, welche in 10 Arbeitsgruppen eingeteilt sind. Es gibt die Arbeitsgruppen: Korrespondenz, Raumschiff, Test, Wandzeitung, Einsätze und Veranstaltungen, Reparatur-Technischer-Dienst, Modellbau „Kosmodrom“, Um- und Neubau und Foto.

Die Arbeitsgruppe Korrespondenz hält die Briefverbindungen mit dem In- und Ausland aufrecht. Wir haben zum Beispiel Briefverbindungen mit den Nachrichtenagenturen TASS und Nowosti, von denen wir Fotomaterial über die neuesten Starts erhalten, mit dem Genossen Titow, mit dem Militärattaché der Botschaft der DDR in der Sowjetunion, Genossen Langrock, mit Genossen Saprikun und anderen.

Unser Club hat insgesamt 5 Wandzeitungen. Für ein ordentliches Aussehen dieser Wandzeitungen sind die Mitglieder der AG „Wandzeitung“ verantwortlich.

Unser Raumschiff „Luna II“, welches Sie auf den beigelegten Fotos sehen, wird von der AG „Raumschiff“ bedient. Wenn keine Gäste in unserem Kosmonautenzentrum sind, übt diese Gruppe fleißig an den 8 Schaltpulsen unseres Raumschiffes. Die Arbeitsgruppe „Test“ bedient die 9 Stationen unserer Teststrecke. Natürlich müssen die Pioniere, welche



die Teststrecke bedienen, sie selbst beherrschen.

Um Schäden auf unserer Teststrecke und im Raumschiff schnell zu beheben, sind die Mitglieder der Arbeitsgruppe „Reparatur-Technischer-Dienst“ da. Diese Arbeit erfordert Kenntnisse der Elektrotechnik. Diese Kenntnisse legen sich die Mitglieder dieser Gruppe zum Teil an Clubnachmittagen und in der Freizeit zu. Unser Club ist mit seiner Teststrecke bei allen Veranstaltungen des Pionierhauses dabei. Die Teststrecke muß dann kontrolliert, defekte Geräte müssen repariert und an den Einsatzort gebracht werden. Für diese Arbeit sind die Arbeitsgruppen „Einsätze und Veranstaltungen“ und „Reparatur-Technischer Dienst“ zuständig.

Unsere Modellbauer sind gegenwärtig mit dem Bau eines Modell-Kosmodroms beschäftigt, welches sie nach einem Bilde bauen. Da das Kosmodrom elektrisch geschaltet werden soll, arbeiten auch hier die Mitglieder der Arbeitsgruppe „Reparatur-Technischer Dienst“ mit. Wir sind ständig bemüht, einzelne Schaltpläne unseres Raumschiffes und Stationen unserer Teststrecke zu verbessern und zu erneuern. Unsere Teststrecke hatte vor 2 Jahren nur 5 Stationen. Jetzt hat sie 9, und 6 davon sind neu. Außerdem hatte die Teststrecke noch keine Funksprechanlage. Die ganze Arbeit übernimmt die Arbeitsgruppe „Um- und Neubau“.

Das jetzt Aufgeführte ist nur ein Teil unserer Arbeit. Um einige Stationen unserer Teststrecke bedienen zu können, brauchen wir auch Grundkenntnisse der Astronomie

und Astronautik. Wir lernen an einigen unserer Clubnachmittage deshalb schon Astronomie der 10. Klassen, obwohl die meisten Mitglieder erst Schüler der 6.-8. Klassen sind.

Oft kam es dabei schon zu heftigen Diskussionen, da sich einige auf diesem Gebiet spezialisiert haben. Wir haben uns auch ein Heft angelegt, in das wir uns das Wichtigste aus der Astronomie einschreiben. Jedes Mitglied sammelt Zeitungsausschnitte von sowjetischen und amerikanischen Starts sowie Kosmonautenfotos und Meldungen über Astronomie. Wir lesen auch die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“. Außerdem haben wir im Monat einmal ein Forum. Wir gehen dazu zu Vorträgen über Astronomie und Astronautik.

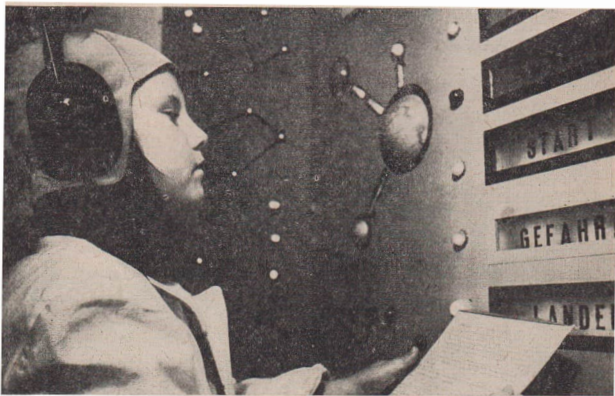
In den Winterferien hatten wir einen Erfahrungsaustausch mit der Arbeitsgemeinschaft der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“, Ellenburg. Dort bekamen wir den Rat, an die DAG zu schreiben. Am 15. April waren wir wieder in der Sternwarte. Wir hatten unsere Teststrecke mit und halfen der AG, ein Kosmonautenfest zu feiern.

Wir interessieren uns sehr für die Nachrichten der DAG. Leider ist es nicht möglich, alle Nachrichten schnell und vollständig zu bekommen. Könnten Sie uns Schnellnachrichten schicken? Wir danken Ihnen schon im voraus.

Für Frieden und Sozialismus
seid bereit!

Immer bereit!

gez. Sonja Altner, Korrespondentenzirkel
Club Junger Kosmonauten „German Titow“



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 weilte im August 1953 in Großbetrieben der DDR – Sozialistischer Wettbewerb. Wisnut-Brigade rief zum Wettbewerb zu Ehren des 40. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution – Deutsch-sowjetische Waffenbrüderschaft. Aufzeichnungen aus den Tagen gemeinsamer Manöver – Am Pirkuli. 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, 102 Berlin, Liebknechtstraße 31.

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: Gesichtsrückkonstruktionen 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. Maslunow: Zuckerrübenzüchtung in der Sowjetunion; A. P. Kapiza: Das subglaziale Relief Antarktikas; 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



5/3

h3 31052
Heinrich
Maximilianstr. 10

h3 31052

Heinrich

Maximilianstr. 10

5/D



Astronomie und Raumfahrt

Inhalt:

Anregungen für den Bau einer kleinen astronomischen Beobachtungsstation · <i>Peter Söllner</i>	173
---	-----

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 2. Vierteljahr 1967 · <i>Erich Schütz</i>	177
---	-----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

VI. Zentrale Tagung für Astronomie am 3. und 4. Juni 1967 in Jena	178
Die neue Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“ in Potsdam-Babelsberg	179

Aus der Literatur

Neues vom Mars — Neues vom Mond — Vierter Saturnring — Meteoritenfunde in Australien	180
Sammlung von Sprüchen auf Sonnenuhren — Druckfehlerberichtigung	181
Echo 2 überfliegt γ Cygni · <i>J. Classen</i>	182
Sowjetische Raumflugkörper im Pariser Aero-Salon und im Kosmos-Pavillon in Moskau · Bildseiten	184—186

Mitteilungen der Deutschen Astronautischen Gesellschaft

Elektrochemische Energiequellen und -speicher für Raumflugkörper · <i>Dr.E. Hollar</i>	187
---	-----

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 23

Anregungen für den Bau einer kleinen astronomischen Beobachtungsstation

PETER SÖLLNER

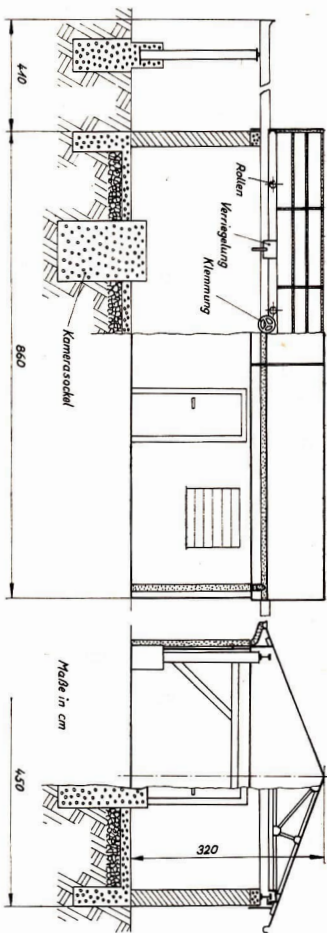
Die ernsthafte astronomische Amateurarbeit erfordert eine günstige Wahl des Beobachtungsstandortes außerhalb schädlicher Himmelsaufhellung, absorbierenden Stadtdunstes oder großflächiger Sichtbegrenzung. Das oftmalige Abnehmen eines größeren astronomischen Amateurgerätes und seinen häufigen Transport wird man aus verschiedenen Gründen nach Möglichkeit vermeiden. Zwangsläufig stellt sich damit die Frage nach der geeignetsten Räumlichkeit, in welcher das aufgestellte Gerät vor Witterungseinflüssen, mutwilligen Beschädigungen oder Diebstahl geschützt werden kann. Optische Zusatzgeräte, Uhren, Beobachtungsunterlagen sowie diverse Hilfsmittel möchte man ebenfalls sicher und praktisch unterbringen. Aus finanziellen Gründen wird man nicht immer in der Lage sein, eine entsprechende Kuppel zu bauen, so daß andere, einfachere bauliche Möglichkeiten in Betracht gezogen werden müssen.

Im August 1966 brachte die Tagespresse eine Meldung über die Fertigstellung einer Satellitenbeobachtungsstation der Technischen Hochschule Ilmenau. Über die Gestaltung dieser, nahe der Stadt Ilmenau gelegenen kleinen Station, soll dieser Beitrag berichten. Interessierten Amateuren oder Astronomie-Fachgruppen des Deutschen Kulturbundes, die den Bau eines nicht zu aufwendigen Stationsgebäudes erwägen, sollen damit einige Anregungen gegeben werden.

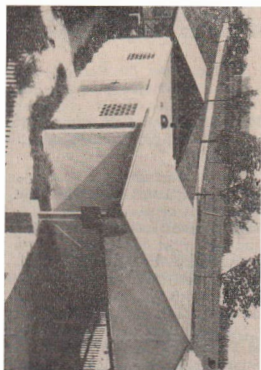
Das Prinzip eines abfahrbaren Satteldaches ist schon mehrfach benutzt worden und hat sich bewährt, so daß es zur weiteren Anwendung empfohlen wird. Verständlicherweise kann eine detaillierte Bauanleitung nicht gegeben werden: jeder Bau ist schließlich ein individuelles Vorhaben, das sich nach Instrument, Aufstellungsort, Klimaverhältnissen, Umfang der Nutzung und nicht zuletzt den verfügbaren finanziellen Mitteln richten muß. Durch weitgehende Verrichtung der Arbeiten im NAW oder anderen Arbeitseinsätzen lassen sich die Gesamtkosten natürlich beträchtlich verringern, so daß sie im wesentlichen nur noch vom Baumaterial bestimmt werden. Für die Ilmenauer Station lagen sie etwa in der Größenordnung von 10 000 MDN. Der Bau der astronomischen Station ergab sich speziell aus der Notwendigkeit praktischer Untersuchung und Erprobung der am Institut für Feingerätetechnik unter der Leitung seines Direktors Prof. Dipl.-Ing. Bischoff entwickelten Verfahren und Geräte zur Satellitenbahnregistrierung. Des weiteren galt es, die Durchführung spezieller Gerätepraktika für die studentische Ausbildung zu gewährleisten und verbesserte Arbeitsbedingungen für die Ilmenauer Fachgruppe Astronomie zu schaffen.

Der überwiegende Teil der Konstruktions-, Bauhilfs-, Montage- und Ausbaurbeiten erfolgte in eigener Regie durch freiwillige Mithilfe von Assistenten, Studenten und Werkstattangehörigen der Fakultät für Feinmechanik und Optik. Dem Verfasser war die Leitung des Vorhabens aufgetragen.

Die vorrangige Nutzung für die Zwecke der Satellitenbeobachtung erforderte mindestens zwei Räume: einen für die Aufstellung der Satellitenkamera und den anderen zur Aufbewahrung von Zeitregistrieranlage, elektrischen und optischen Hilfsgaräten sowie Arbeitsunterlagen. Auch die Nutzung als Arbeitsraum während der Beobachtungen mußte möglich sein. In diese Bedarfsplanung konnte eine bereits vorhandene, benachbart stehende Autogarage mit Wänden aus Asbestbetonplatten einbezogen werden. Sie dient zum Abstellen von Werkzeugen, beweglichen Säulen, Stativen u. a.



▲ Abb. 1
Schematische Gebäudedarstellung
der astronomischen Beobachtungs-
station der TH Ilmenau (Institut
für Feingerätechnik) mit Angabe
der Hauptabmessungen.



▲ Abb. 2
Ansicht des Gebäudes der neu-
erbauten astronomischen Beobach-
tungsstation der TH Ilmenau. Durch
Herausfahren der Dachhälften (auf
der Abb. sind die Endlagen noch
nicht erreicht) können beide Räume
freigelegt werden.

Anschluß an das elektrische Energienetz, Telefon, Wasser und günstiger Zufahrtsweg, waren Forderungen, die sich auf dem zur Verfügung gestellten Baugelände leicht verwirklichen ließen. Die wichtigsten Abmessungen des neuen Gebäudes sind in Abb.1 zu sehen. Die beiden Räume haben jeweils eine Grundfläche von $4,2 \times 4,2$ m und sind durch eine Tür miteinander verbunden.

Die Entscheidung über das zweckmäßigste Baumaterial fiel zugunsten von Hohlblocksteinen. Damit ergibt sich guter Schutz gegen Witterungseinflüsse sowie böswillige Beschädigung der aufgestellten Geräte. Massive Mauern bieten außerdem noch eine gewisse Abschirmung von Windströmungen während der Beobachtung. In jeder Raummitte befindet sich unter dem Betonfußboden ein zur schwingungsarmen Aufstellung notwendiger, vom übrigen Gebäude getrennter Betonssockel. Zunächst wurde nur der über den Fußboden erhöht, der die Satellitenkamera trägt. Jeweils ein Fenster aus Glasbausteinen ist für die Arbeiten am Tage bei geschlossenem Dach sehr zweckmäßig. Ein Betonringanker bildet den Abschluß der Gebäudeoberkanten, auf dem die Laufschienen liegen. Die Laufschienen werden mittels eingelassener Steinschrauben und kleiner Druckstücke festgehalten.

Alle Wände, außen und innen, erhielten einen glatten Zementputz, auf dem der neu entwickelte Plastputz des VEB Lackfabrik Ilmenau (der Einfachheit halber mit Perlonrollern) aufgebracht wurde. Dieser Plastputz verleiht eine gute Witterungsbeständigkeit und reflektiert durch den gewählten hellen Farbton einen beträchtlichen Teil der Wärmestrahlung.

Besonders interessiert die Dachkonstruktion. Wegen der Verschiedenheit der Satellitenbahnverläufe wäre für einen Kuppelspalt eine viel zu komplizierte Kuppelsteuerung notwendig. Daher ist für die Praxis der Satellitenbeobachtung ein abfahrbares Dach zweckmäßiger. Man kann sofort und ungehindert die Kamera auf jeden Punkt des Himmels einstellen. Auch für die astronomischen Beobachtungen des eingangs angesprochenen Interessentenkreises hat diese Konstruktion ihren Wert. Einschränkungen des Blickwinkels können sich für Beobachtungen in Horizontnähe ergeben, die allerdings für die Satellitenbeobachtungen zumeist nicht wichtig sind. Durch besondere Ausbildung der Dachbinder und zwar ein höher gelegtes Mittelstück des Untergurtes kann jedoch hier Abhilfe geschaffen werden. Dadurch kommt die Deklinationsachse des Astrogerätes höher zu liegen. Die verhinderte Schwenkbarkeit des Gerätes bei nicht ausgefahrenem Dach kann in Kauf genommen werden.

Das Dach der Station wurde vorsorglich geteilt, so daß jeder Raum beliebig freigelegt werden und sofern notwendig, getrennt für Beobachtungen genutzt werden kann.



Abb. 3

Die dreiaxsig montierte Satellitenkamera für Erprobungszwecke. Sie besteht im wesentlichen aus einem Optiksystern nach Sonnefeld mit 300 mm Spiegeldurchmesser und einem Sucher mit 110 mm Objektivdurchmesser.

Abb. 2 zeigt die Station mit beiden Dächern abgefahren. Die als Fachwerk ausgebildeten, geschweißten Stahlkonstruktionen (Polonceau-Dachstuhl) bewegen sich mit jeweils 4 Rollen auf den an den Stirnseiten des Gebäudes herausgeführten Laufschienen. Diese Laufschienen (I 14) werden nochmals von freistehenden Säulen (I 16) abgestützt. Garantiert man, daß unter Berücksichtigung eines gewissen Sicherheitsmomentes der Schwerpunkt des Daches innerhalb der Unterstützungsfläche liegt, dann braucht die Stütze nicht am Ende der Laufschienen zu stehen und kann weiter eingerückt werden. Damit ergeben sich geringere Durchbiegungen der Laufschienen. Die Länge der Schienen muß so bemessen werden, daß auch durch den Dachfirst keine größere Sichtbegrenzung in Horizontnähe erfolgt. Jeweils 4 Dachbinder (L 45) sind auf einen rechteckigen Rahmen (U 12) aufgesetzt, in welchem die Laufrollen in den sogenannten „günstigen“ Punkten befestigt sind. Windkräfte und Schneelasten müssen entsprechend der Ortslage berücksichtigt werden. Die Möglichkeit eines eventuellen Abhebens des Daches bei ungünstiger Offenstellung und plötzlichem, starkem Windeinfall wird durch besondere Winkel-schienen verhindert, die sich dann gegen die innere Laufschienenoberkante legen. Als Dachhaut hat sich 1,5 mm dickes, mittelhartes Aluminiumblech, bestehend aus Tafeln zu 3–4 m² bewährt. Die Überlappungen haben eine Länge von etwa 5 cm. Infolge des großen Wärmerückstrahlungsvermögens konnte eine weitere Zwischen-decke entfallen. Pfetten zwischen den Bindern geben für die Dachhaut etwa alle 50 cm Auflagestellen, so daß größere Durchbeulungen des Bleches vermieden werden. Wichtig ist, daß das Alublech aus Korrosionsgründen nicht direkt auf dem Stahlgerüst aufliegt. Entsprechend getränkte Holzleistenstücke bilden die Zwischen-lage. Desgleichen fanden auch zur Blechbefestigung nur Messingschrauben (M 5) und selbstgeschnittene PVC-Unterlegscheiben Verwendung. Nach zwei Jahren konnten noch keinerlei Korrosionsschäden festgestellt werden. Die Dachhaut wird an ihrer Unterkante durch Dachrinnen begrenzt, deren Fallrohre in Höhe der Seitenverkleidungen geteilt sind, um das Ausfahren des Daches nicht zu blockieren.

Der Abdichtung der Räume gegen Wind (Flugsand und Schnee) mußte auf Grund der ungeschützten Kammlage des Standortes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Laufschienen und Dachrahmen bilden eine Art Labyrinth, welches durch besondere Seitenverkleidung noch verstärkt wird. An den Stirnseiten erfolgt die Abdichtung zwischen Giebelblech und Mauer durch Gummimanschetten. Die Abdichtung an den Eintrittsstellen der Laufschienen in die Dachkonstruktion wurde durch besondere Klappen und Gummi erzielt. Die Trennstelle zwischen beiden Dachhälften in der Mitte des Gebäudes ist doppelt überlappt und etwa 15 cm lang.

Hinsichtlich motorischer Dachantriebe ist man heutzutage sehr verwöhnt. Was aber für große Kuppelbauten eine Notwendigkeit ist, gilt nicht im vorliegenden Falle, zumal die Kosten nicht unerheblich wären. Es wurde die einfachste und zugleich billigste Verschiebung durch Hand gewählt. Lediglich einige Stahlgriffe am Dachrahmen und im Mauerwerk, zweckmäßigerweise auf beiden Seiten symmetrisch angeordnet, waren dazu nötig. Die relative Leichtgängigkeit des Daches wurde durch Wälzlagerung der gehärteten Laufrollen und durch einwandfreie Laufschienenoberflächen erreicht. Die Verschiebung des Daches ist durch eine Person möglich, von der bei günstigem Kraftangriff auch die bei Beginn auftretende Massenträgheitskraft überwunden wird. Ein seitliches Heruntergleiten des Daches von den Schienen wird durch beidseitige Begrenzungsbünde der Laufrollen verhindert. Um die natürlich notwendige Parallelität beider Laufschienen zu gewährleisten, wurden die Befestigungselemente auf dem Betonringanker und den Säulen so gestaltet, daß geringe nachträgliche seitliche Verschiebungen (Justierung) möglich sind. Es ist überhaupt schon während des Projektierens zu berücksichtigen, daß Abweichungen von Gebäude- und Konstruktionsmaßen in der Größenordnung von mehreren Zentimetern, sowie auch merkliche Stahlprofilabweichungen auftreten können, die nach der Montage keine Funktionsstörungen bewirken dürfen. Die Sicherung jedes

einzelnen Daches in eingefahrenem Zustand gegen unerwünschte Bewegung übernehmen zwei Steckbolzen in den Laufschielen. Die Arretierung der Dächer in beliebiger Ausfahrstellung wird durch zwei Klemmungen erreicht. Bei diesen werden beiderseits mittels eines Handrades Reibflächen gegen den vertikalen Steg des Laufschielenprofils gepreßt. Die prinzipiell doppelte Ausführung der Klemmungen ergibt eine Sicherheit bei eventuellem Versagen einer Anordnung.

Nun noch einige Bemerkungen zur Innenausstattung. Die Elektroinstallation besteht im wesentlichen aus der Beleuchtungsanlage, einer zentralen Schalttafel (mit Sicherungen, Steckdosen, Meßgeräten, regelbaren Spannungsquellen usw.) und vier in den Räumen verlegten Steckdosen. Die geltenden TGL-Bestimmungen, insbesondere für feuchte Räume, waren dabei zu berücksichtigen. Die Schutzerdung der elektrischen Anlagen einschließlich Kamera sowie die Blitzschutzanlage des Gebäudes machten eine Ringerdleitung von etwa 50 Metern erforderlich. Der Fußboden wurde mit Linoleum ausgelegt, wodurch Staub- und Rutschgefahr verringert wurden. Zur Innenausstattung beider Räume zählen 3 Geräteregele, 3 Schränke und ein Thermoschrank für Quarzuhren und Zeitsignalempfänger. Wichtigster Bestandteil ist die Satellitenkamera, deren Konzeption für Erprobungszwecke eingerichtet wurde. Sie besteht aus einem dreischig montierten Kamerarohr mit einem SONNEFELD-System. Das Öffnungsverhältnis beträgt 1:3 bei einem Spiegeldurchmesser von 300 mm. Auf dem Kamerarohr befindet sich das Sucher- und Leitfernrohr, bestehend aus 110-mm-C-Objektiv und 70°-Weitwinkelokular. Einen Eindruck über Gestalt und Größe vermittelt Abb. 3.

Die Beobachtungsstation wird durch eine Antennenanlage für den Empfang von Zeitzeichen (im Lang- und Kurzwellenbereich) und Satellitensignalen ergänzt.

Abschließend sei nochmals betont, daß die gegebenen Ausführungen in diesem Rahmen natürlich nicht vollständig detailliert sein können und nur als Anregung dienen sollen. Es wäre denkbar, daß sich Leser in speziellen Fällen eine ausführlichere Information wünschen. Seitens des Instituts für Feingerätetechnik ist man gern bereit, weitere Auskünfte zu erteilen. Verbindliche Konstruktions- und Berechnungsunterlagen bleiben natürlich immer dem Baufachmann bzw. Architekten vorbehalten und bedürfen der Genehmigung der zuständigen staatlichen Bauaufsicht.

Amateure beobachten und berichten

Die Sonnenfleckentätigkeit im 2. Vierteljahr 1967

Refraktor: 50 mm, Vergrößerung 30fach

Monat	R_m	n	
April	44,7	22	
Mai	50,5	16	R_m = Monatsmittelwert
Juni	38,2	18	n = Anzahl der Beobachtungen
2. Vierteljahr	44,5	56	

Gegenüber dem Jahresdurchschnitt von 1966 hält die Steigerung der Sonnenaktivität an. Vom 22. Mai bis 7. Juni bot eine sehr ausgedehnte Gruppe mit vielen Einzelflecken einen abwechslungsreichen Anblick, auf dem Höhepunkt dieser Entwicklung wurden in ihr bis zu 22 Flecken gezählt. Der Juni brachte ein schwaches Nachlassen der Tätigkeit, gegen Monatsende bestanden die Gruppen vorwiegend aus großen Einzelflecken mit schöner Penumbra.

ERICH SCHÜTZ,
Hildburghausen

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

VI. Zentrale Tagung für Astronomie am 3. und 4. Juni 1967 in Jena

Der Einladung der Zentralen Kommission Natur und Heimat des Präsidialrates des Deutschen Kulturbundes zur Teilnahme an der VI. Zentralen Tagung für Astronomie hatten über 250 Interessenten, Mitglieder aus den astronomischen Fachgruppen, Leiter und Mitarbeiter von Sternwarten und andere Wissenschaftler Folge geleistet.

Im wohlausgewogenen Tagungsprogramm wurden sowohl die Fortschritte bei der Untersuchung der Struktur der Galaxis (Prof. Dr. H. Lambrecht, Direktor des astrophysikalischen Instituts der Friedrich-Schiller-Universität Jena) und des Aufbaus der Metagalaxis (Dr. H. Oleak, Institut für relativistische und extragalaktische Forschung, Babelsberg) als Bausteine des wissenschaftlichen astronomischen Weltbildes von den Vortragenden hervorragend anschaulich interpretiert, als auch unter Bezug auf die Beschlüsse des VII. Parteitages der SED, die fachlichen und weltanschaulich-kulturpolitischen Aufgaben für die Fachgruppenarbeit im Deutschen Kulturbund vom Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses Astronomie und Wissenschaftlichen Sekretär der Deutschen Astronautischen Gesellschaft, Bundesfreund Herbert Pfafe, in seinem einleitenden Referat (Die Entwicklung von Astronomie und Raumfahrt seit der V. Zentralen Tagung 1963, ihre Bedeutung für das wissenschaftliche Weltbild und die Arbeit in den Fachgruppen) umfassend erläutert.

In diesen Teilen des Tagungsprogramms wie auch beim öffentlichen Abendvortrag im voll besetzten Jenaer Planetarium über „Astronomische Ergebnisse der Weltraumfahrt“ (Prof. Dr. Joh. Hoppe, Direktor am Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften) konnten im Hinblick auf die bevorstehende Feier des 50. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution die wissenschaftlichen Leistungen der sowjetischen Astronomie und Astronautik besonders gewürdigt werden.

Im Anschluß an den Vortrag Prof. Dr. J. Hoppes gab Planetariumsleiter Dipl.-Astronom Hans Beck eine allgemein interessierende Einführung in die Geschichte, die gegenwärtige Einrichtung und künftige Gestaltung des Jenaer Planetariums. Beherzigenswerte Anregungen für alle Bezirksfachausschüsse Astronomie vermittelte der Vorsitzende des vorbildlich arbeitenden Bezirksfachausschusses für den Bezirk Dresden, Ing. H.-J. Blasberg, in seinem Referat „Über die Arbeit mit den Fachgruppen im Bezirk Dresden“. Mit dankenswerter Initiative, unterstützt von jungen Zeiss-Mitarbeitern, hatte Bundesfreund Helmut Wolf im Volkshaus (Kreiskulturhaus) eine sehenswerte und gut besuchte Ausstellung astronomischer Amateurgeräte des Zeiss-Werkes, selbstgebaute Geräte von Fachgruppen aus anderen Bezirken, Modelle von Großgeräten und verschiedene Amateurarbeiten aufgebaut.

Abgeschlossen wurde die Tagung mit einer Besichtigung des Karl-Schwarzschild-Observatoriums in Tautenburg, durch das Bundesfreund Dipl.-Astronom E. Bartl die Teilnehmer führte und über das er sie erschöpfend informierte.

In den Beratungen und Diskussionen äußerten die Teilnehmer ihre Genugtuung darüber, daß sie hier nicht nur viele Anregungen für eine verbesserte Fachgruppenarbeit bekamen, sondern auch Gewißheit, wie wichtig ihre Tätigkeit für bestimmte astronomische Forschungsbereiche, aber auch für die Verbreitung, die Popularisierung eines wissenschaftlichen Weltbildes zu sein vermag, trotzdem die Amateur-astronomie nicht unmittelbar wie die astronomischen Forschungszentren mit modernsten Einrichtungen und Methoden, mittels Einsatz von Groß- und Spezialgeräten und mit den Ergebnissen der Astronautik arbeiten kann.

Die Forderung der Tagungsteilnehmer, solche zentralen Tagungen mit Austausch von Arbeitserfahrungen in regelmäßigen Abständen — möglichst alle zwei Jahre — stattfinden zu lassen und die nächste Tagung in Schwerin oder Rostock durchzuführen, wird der Zentrale Fachausschuß Astronomie beraten.

Von den 253 Tagungsteilnehmern waren:

14–20 Jahre	= 32	Wissenschaftler	22	Handwerksmeister	24
21–30 Jahre	= 28	Freischaffende		Arbeiter	9
31–40 Jahre	= 51	Künstler	5	Schüler und	
41–50 Jahre	= 61	Sternwartenleiter	7	Studenten	38
51–60 Jahre	= 35	Techn. Intelligenz	53	Rentner	8
61–70 Jahre	= 41	Lehrer	45	Hausfrauen	7
71–80 Jahre	= 4	Ökonomen	5		
81 Jahre	= 1	Angestellte	30		

Die neue Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“ in Potsdam-Babelsberg

Nicht weit von der Wirkungsstätte Bruno H. Bürgels, in Potsdam-Babelsberg, Hubertusdamm 8, steht das Gebäude einer kleinen Sternwarte, die sich einst ein begüterter Freund der Himmelskunde errichten ließ. Zwanzig Jahre stand diese Sternwarte verlassen da, und die Schäden hatten schon ein beträchtliches Ausmaß angenommen, bis die Sternfreunde der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“ mit dem Aufbau begannen, um dieses Gebäude wieder seinem eigentlichen Bestimmungszweck zuzuführen.

Mit sehr viel Begeisterung, Einsatzbereitschaft und Geschick ging im März 1966 der Technische Wart der Arbeitsgemeinschaft und Lehrling im Karl-Marx-Werk Babelsberg, Georgi Sporny, mit seinen vorwiegend jugendlichen Helfern ans Werk. Die zahlreichen Reparaturen, die umfangreiche Installation der elektrischen Anlagen sowie die Beschaffung von Mitteln und Material stellte die Aufbauwilligen vor nicht leichte Aufgaben. Der größte Teil der handwerklichen Arbeiten, die mitunter hohes Können und Erfahrung erforderten, konnte in Eigenarbeit erbracht werden. Die notwendigen finanziellen Mittel in Höhe von 6000 MDN wurden vom Rat der Stadt, Abt. Kultur, sowie von der Leitung des Kreiskulturhauses Babelsberg gewährt.

Am 19. August 1967 konnte die Aufbauarbeit abgeschlossen werden, aus dem ruinenartigen Gebäude, aus dem alle Instrumente verschwunden waren, war wieder eine Sternwarte geworden. Bei der Einweihung hielt Dr. habil. O. Günther, Astrophysikalisches Observatorium Potsdam, die Festansprache, und Sekretär Kahofer von der Gesellschaft für Deutsch-Sowjetische Freundschaft verlieh der Jugendsternwarte den Namen „Wladimir Komarow“. Etwa 50 Teilnehmer hatten sich zur Einweihung eingefunden, darunter Vertreter des Deutschen Kulturbundes, des Rates der Stadt und der Staatlichen Kulturhäuser. Im Anschluß an die Einweihungsfeier, die auf dem Gelände der Sternwarte stattfand, wurden die Aufbauhelfer in einer kleinen Feierstunde im Kreiskulturhaus Babelsberg geehrt. In der knapp 1½-jährigen Aufbauarbeit konnten über 11 000 MDN für das Nationale Aufbauwerk geleistet werden. Für die aktivsten Aufbauhelfer wurden verliehen: 6 Medaillen für ausgezeichnete Leistungen, 3 Aufbaunadeln in Gold, 1 Aufbaunadel in Silber, 5 Aufbaunadeln in Bronze sowie 650 MDN Geldprämien, Bücherschecks im Werte von 65 MDN und mehrere Bücher.

Stadtrat Nutbom würdigte die große Einsatzbereitschaft der jugendlichen Sternfreunde, die den größten Teil ihrer Freizeit für den Wiederaufbau dieser Sternwarte geopfert haben.

Das zweckmäßig errichtete Gebäude, das in einem 450 m² großen Gartengrundstück steht, ist bis zur Kuppel 6 m hoch und verfügt über einen 16 m² großen Kellerraum mit einer kleinen Dunkelkammer sowie über eine geräumige, zum Teil überdachte Terrasse. Die Kuppel hat einen Durchmesser von 3,5 m, das Hauptinstrument, das von der Abt. Volksbildung des Rates der Stadt zur Verfügung gestellt wurde, ist ein MENISCUS-Spiegelteleskop 150/2250. Zur Ausrüstung der Sternwarte gehören ferner eine Mond- und Planetenkamera von Zeiss, eine Astrokamera 71/250 sowie ein Empfänger für die Signale künstlicher Erdsatelliten.

Der Ausbau dieser neuen Sternwarte war notwendig geworden, da die Standfestigkeit der seit zwei Jahren bestehenden Volks- und Schulsternwarte in der Bürgel-Schule Babelsberg für fotografische Arbeiten unzureichend ist. Diese wird weiterhin für Beobachtungen dienen. Die Jugendsternwarte „W. Komarow“ wird vorrangig eine „Arbeitssternwarte“ sein, wird in beschränktem Umfang aber auch für öffentliche Beobachtungen zur Verfügung stehen. Ihre Standfestigkeit und ihre Lage (Lichtverhältnisse, Horizontbegrenzung) erlauben es, unter günstigen Verhältnissen fotografische Himmelsaufnahmen zu machen. Die räumliche Beschaffenheit eignet sich gut für Zusammenkünfte, Vorträge und Aussprachen in kleinerem Rahmen.

Mit der Jugendsternwarte hat die Stadt Potsdam eine neue Stätte für die Popularisierung der Astronomie erhalten. Die Astronomische Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“ verfügt jetzt über zwei Sternwarten und das Astronomische Kabinett mit einem kleinen Vortragssaal.

A. ZENKERT

Aus der Literatur

Neues vom Mars

Auf Grund von Radar-Beobachtungen während der Mars-Opposition 1965 kamen C. Sagan und I. B. Pollack (USA) zu dem Schluß, daß die sogenannten Marskanäle keine Vertiefungen, sondern Erhebungen sind. Auch die dunklen Gebiete des Mars sollen Hochebenen oder Gebirge sein, die den irdischen Kontinentalblöcken entsprechen und sich 4–17 km über ihre Umgebung erheben. Ferner vermuten die beiden Forscher, daß die Oberfläche des Mars mit feinen Sandkörnern aus Brauneisenstein bedeckt ist und daß sich daraus die rote Farbe des Mars erklärt. (Nature 212, 505d)

Detaillose Marsoberfläche: In den Tagen vor der Marsopposition (15. 4. 1967) wurden die Marsbeobachter durch eine nahezu detaillose Planetenscheibe überrascht. Das Maiheft des Veröffentlichungsorgans der Bayerischen Volkssternwarte München, das hierüber berichtete, überschrieb die entsprechende Meldung mit den Worten „Schlechtes Wetter auf Mars?“

Neues vom Mond

Saari und Shorthill haben durch ein rasch arbeitendes Abtastverfahren im Infrarot während der totalen Mondfinsternis vom 19. 12. 1964 an dem großen Spiegelteleskop bei Helwan in Ägypten mehr als 400 „heiße Flecken“ registriert und katalogisiert. Diese Stellen der Mondoberfläche sind erheblich wärmer als ihre Umgebung.

Luna 10 registrierte mit seiner Fangfläche vom 3. 4. 1966 bis 12. 5. 1966 während knapp 12 Stunden 138 Aufschläge von Mikrometeoriten. Diese Zahl liegt um zwei Größenordnungen über dem Mittelwert für den interplanetaren Raum. Es wird vermutet, daß die Partikel infolge größerer Meteoritenaufschläge vom Mond ausgeworfen worden sind.

Gesteinsuntersuchungen auf dem Mond: Ein petrographisches Kleinstlabor wird zur Zeit im amerikanischen Forschungszentrum für Astrogeologie in Flagstaff (Arizona) auf seine Eignung für Gesteinsuntersuchungen auf dem Mond geprüft. Das Gerät paßt in einen Kasten, dessen Längskante etwa 50 cm lang ist. Wesentlicher Bestandteil ist eine diamantenbesetzte Säge zum Anfertigen von Dünnschliffen. (Naturwissenschaftliche Rundschau, 20, 4, 174, 1967)

J. CLASSEN

Asymmetrie der Mondhälften: Aufnahmen, die sowjetische Sonden von der Mondrückseite machten, zeigen, daß sich die erdabgewandte Seite des Mondes wesentlich von der sichtbaren Seite unterscheidet: Auf ihr gibt es sehr viele Berge und nur wenige „Meere“. Die Konzentration von Großkratern ist auf der Rückseite bedeutend höher als auf der sichtbaren Mondseite. Das berichtet die sowjetische Nachrichtenagentur Nowosti.

Auf der Ostseite der Mondrückseite sind auf vielen Bildern Kraterketten erkennbar. Eine dieser Ketten erstreckt sich über eine Länge von mehr als 1000 km.

Aus den Aufnahmen der Mondrückseite schließen die Wissenschaftler auf eine Asymmetrie der sichtbaren und der nicht sichtbaren Mondseite. Als wichtigste Besonderheiten bezeichnen sie die Tatsache, daß die erdabgewandte Seite des Mondes ein durchgängiges Festlandmassiv bildet und nicht, wie die erdabgewandte Mondseite, von einer „Meereslandschaft“ in eine nördliche und eine südliche Hälfte geteilt wird.

Zu den interessantesten Entdeckungen auf der Rückseite gehören die meerähnlichen Vertiefungen. Sie haben einen Durchmesser von mehreren hundert Kilometern und wurden nicht – wie auf der Mondvorderseite – von Lavamassen überschwemmt und ausgefüllt. Diese Vertiefungen erhielten die Bezeichnung „Thalassoide“, d. h. „Meeresähnliche“.

Die Meere der sichtbaren Mondhälfte ähneln einem breiten Gürtel um den Trabanten, und man nahm an, daß sich dieser Gürtel auf der Rückseite fortsetze. Diese Annahme hat sich nicht bestätigt. Statt der Meere lassen die von der Rückseite aufgenommenen Fotos jene Thalassoide erkennen. Es ist jedoch anzunehmen, daß sich beide – „Meere“ wie Thalassoide – während der gleichen selenologischen Epoche gebildet haben. Ungeklärt bleibt aber, weshalb sich die Vertiefungen auf der einen Seite des Mondes mit Lava anfüllten und auf der anderen Seite nicht.

Die Asymmetrie der Mondhälften entstand wahrscheinlich durch wirksam gewordene innere Kräfte, die einen starken Einfluß auf die Mondoberfläche ausübten. Vielleicht können die Selenologen in absehbarer Zeit eine Antwort auf diese Frage geben. Hypothesen gibt es dazu bereits. So nehmen einige Gelehrte an, daß sich der Gürtel durch eine verringerte Rotationsgeschwindigkeit des Mondes gebildet haben könnte, was zwangsläufig zu Änderungen des Gleichgewichtsbildes und damit zur Senkung der Mondoberfläche und zur Bildung des „Meeresgürtels“ geführt haben müßte. In diesem Falle jedoch taucht die Frage auf, warum sich der Vorgang nur auf der Mondvorderseite vollzog. (ND)

Vierter Saturnring

Einen vierten, wenn auch äußerst lichtschwachen Saturnring entdeckte der Astronom A. Feibelman von der Universität Pittsburgh (Pennsylvania). Der Ring erstreckte sich auf mehr als das Doppelte des bisher bekannten äußeren Saturnring-Halbmessers von 139 000 km in den Weltraum. Er besäße eine außerordentlich geringe Materiedichte und könnte demzufolge nur dann gesehen werden, wenn die Ebene des Planetenringsystems fast genau auf die Erde weist. Dieser Zustand tritt nur alle 15 Jahre einmal auf. (ND)

Meteoritenfunde in Australien

Bei Forrest in Westaustralien wurden bei geologischen Arbeiten über 100 Eisenmassen entdeckt. Die beiden Hauptmassen wiegen 12 t und 5 t. Die erstere soll in ein australisches Museum überführt werden, die zweite will man zerteilen. Bisher waren in Australien noch nicht so große Meteorite gefunden worden. Der bisher größte australische Meteorit wog 3,731 t. (Sky and Telescope, 33. 2, 72, 1967). J. CLASSEN

Sammlung von Sprüchen auf Sonnenuhren

Sprüche auf Sonnenuhren sammelt die Astronomische Arbeitsgemeinschaft „Buno H. Bürger“ in Potsdam. Diesbezügliche Mitteilungen – auch aus dem Ausland – erbeten an: Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17.

Druckfehlerberichtigung zum Beitrag „Das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz – ein Grundgesetz der Astrophysik“

Heft 5/1966, S. 136: In der 18. Zeile von unten muß es statt „verzehnfacht“ versechzehnfacht heißen. – S. 139: Gleichung 34 c lautet richtig: $L = 10^{1,85 - 0,4 M_{\text{bol}}}$ – In Gleichung 39 muß das als Trennstrich dienende Integralzeichen vor den Ausdruck $\frac{1}{0,4} = 2,5$. – Die 3. Zeile von unten lautet richtig: „Auflösen der Gleichung (41) nach $\lg R$ liefert“. – S. 141: Gleichung (9) lautet richtig: $D = \sqrt{\frac{L}{\sigma \cdot \pi \cdot T^4}}$

Heft 1/1967, S. 8: Die 5. Gleichung von oben lautet richtig: $= 57,85 \cdot \sqrt{46,52 \cdot r_2} - \frac{1}{2}$
S. 10: In Gleichung 2 und 3 von oben ist statt $(1-A) - \frac{1}{4}$ zu setzen: $(1-A) \frac{1}{4}$ – In der 7., 8. und 10. Gleichung von oben ist statt $\frac{(1-A) \frac{1}{4}}{\times}$ zu schreiben: $\left(\frac{1-A}{\times}\right) \frac{1}{4}$ Dasselbe ist in den Gleichungen 6 und 8 auf S. 11 vorzunehmen.

Echo 2 überfliegt γ Cygni

Am 12. Juli 1967, früh 0^h 45^m MEZ, flog in Pulsnitz der Erdsatellit Echo 2 von Süden kommend so dicht an γ Cygni vorüber, daß beide Objekte mit bloßem Auge nicht voneinander zu trennen waren. Vorher war Echo 2 genau gleich hell wie γ Cygni (visuell 2^m,32). Zufällig war gerade mit dem Pulsnitzer 250-mm-Zeiss-Vierlinser $f = 1000$ mm eine Aufnahme der betreffenden Himmelsgegend im roten Spektralbereich (Orwo-Platte Z P 3 + Schottfilter OG 5, Spektralbereich 545 m μ bis 670 m μ) im Gang, auf der sich der Vorgang abbildete. Die hier 0,7mal verkleinert wiedergegebene Aufnahme (Abb. 1) umfaßt ein Feld von $9^{\circ},0 \times 9^{\circ},8$. Ein Bogengrad sind auf der Aufnahme 12,1 mm. γ Cygni ist der helle Stern links am oberen Bildrand. Der fast in der Bildmitte stehende helle Stern ist β^2 Cygni (visuell 4^m,82). Die vielen kleinen Sterne der Aufnahme gehören größtenteils dem nördlichen Teil der sogenannten Cygnuswolke an.

Die Satellitenspur verläuft nahezu senkrecht von unten (Süden) nach oben (Norden). Ihr kleinster Abstand vom Mittelpunkt des Sternscheibchens, welches γ Cygni auf der Aufnahme hinterließ, ist 0,2 mm groß, was einer Strecke von fast genau einer Bogenminute entspricht. So nahe flog Echo 2 also an γ Cygni vorbei. Hätte man diese beiden Objekte noch getrennt sehen wollen, so hätten sie in einem Abstand von mindestens sechs Bogenminuten aneinander vorbeiziehen müssen.

18 Tage später, also am 30. Juli 1967, wurde die gleiche Himmelsgegend wieder fotografiert, dieses Mal jedoch im blauen Spektralbereich (Orwo-Platte Z U 2 ohne Filter, Spektralbereich 400 m μ – 510 m μ). Wieder zog Echo 2 gegen Ende der Aufnahme (23^h 13^m MEZ) zufällig durch das Bildfeld, wobei der Erdsatellit eine ganz ähnliche Bahn wie am 12. Juli 1967 beschrieb (Abb. 2). Dieses Mal flog er in 33 Bogenminuten Abstand an γ Cygni vorbei, was auf der Aufnahme einer Strecke von 6,7 mm entspricht. Auch bei diesem Vorüberflug erschien Echo 2 mit bloßem Auge wieder genau so hell wie γ Cygni. Trotzdem ist die Bahnspur von Echo 2 auf der Blauaufnahme viel schwächer als auf der Aufnahme im roten Spektralbereich. Dabei reicht die Blauaufnahme bedeutend weiter wie die Rotaufnahme, so daß die Bahnspur auf ihr eigentlich kräftiger sein sollte. Die Blauaufnahme zeigt nämlich noch Sterne der 16. Größe, während die Rotaufnahme gerade noch Sterne der 14. Größe erkennen läßt.

Aus alledem folgt, daß Echo 2 einen verhältnismäßig großen positiven Farbenindex $m_{\text{blau}} - m_{\text{rot}}$ besitzt (etwa 2^m). Dieses hängt offenbar mit den Reflexionseigenschaften von Echo 2 zusammen. Bekanntlich ist die Ballonhülle von Echo 2 mit einer 0,0045 mm dicken Aluminiumschicht bedampft, um sie zur Reflexion von Funkwellen geeignet zu machen. Aluminium aber besitzt im langwelligen Spektralbereich eine ausgezeichnete Reflexionsfähigkeit.

Noch etwas fällt auf den Aufnahmen auf: die ungleichmäßige Dicke der Bahnspur. Sie rührt von der Rotation des Erdsatelliten her. Besonders auf der Rotaufnahme sind die Helligkeitsänderungen von Echo 2 gut zu erkennen. Die einzelnen Maxima haben einen Abstand von 10–21 mm voneinander, was am Himmel einem Abstand von $0^{\circ},8 - 1^{\circ},7$ entspricht.

J. CLASSEN
Sternwarte Pulsnitz



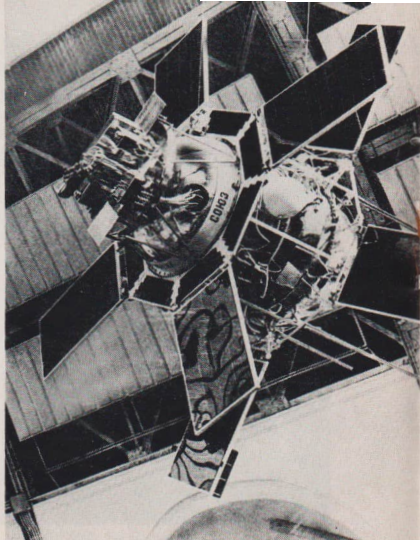
▲ Abb. 1: Aufnahme um β^2 Cygni im roten Spektralbereich mit Echo 2.

Echo 2 überfliegt γ Cygni

▼ Abb. 2: Das gleiche Sternfeld im blauen Spektralbereich mit Echo 2.

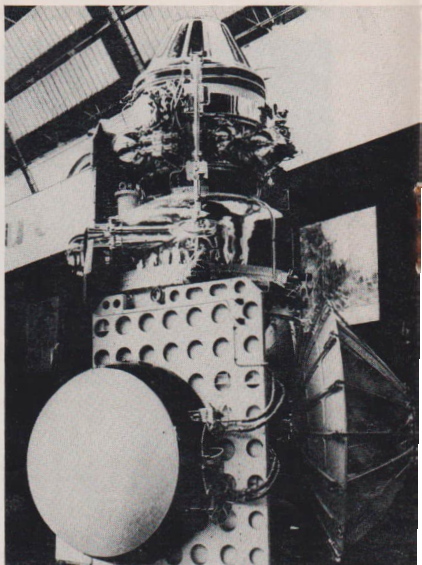


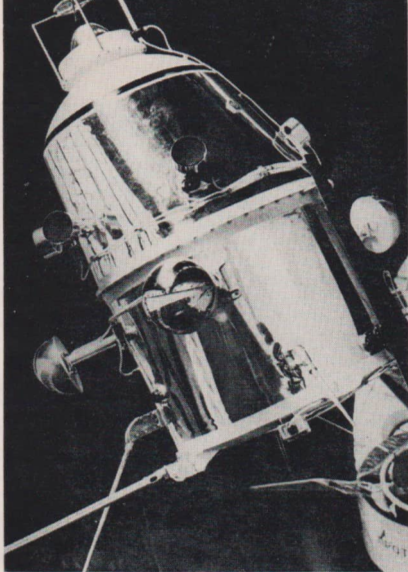
Einer der sowjetischen Satelliten der Kosmos-Serie. Er besitzt acht Flächen mit Solarbatterien, die am unteren und oberen Rand der walzenförmigen Teile des Satellitenkörpers angebracht sind. Am oberen Teil, der in Richtung Sonne orientiert ist, befinden sich zahlreiche Meßfühler für die Untersuchung der solaren Strahlung im UV- und im Röntgenstrahlungsbereich; ein „Wärmeschutzschild“, auf dem sie montiert sind, schützt den Satellitenkörper vor zu starker Erwärmung.



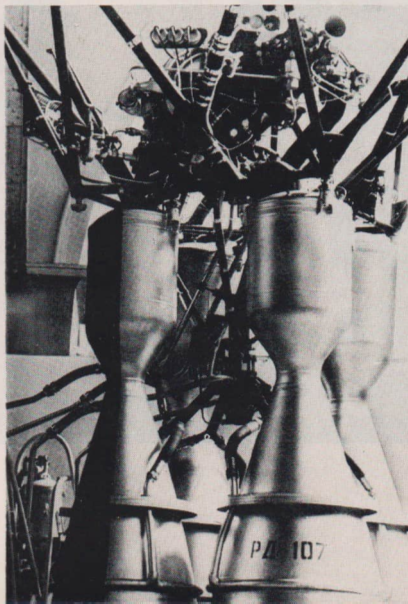
Sowjetische Raumflugkörper im Pariser Aero-Salon und im Kosmos-Pavillon in Moskau

Die sowjetische Raumstation „Venus 3“. Das Raumfahrzeug befindet sich hier noch im „zusammengefalteten“ Zustand. Die Fläche mit den Solarzellen ist an den Hauptkörper gefaltet. Auch der halbkugelförmige „Kühler“ für das Flüssigkeitskühlsystem, der sich während des Fluges rechtwinklig an der Außenkante der Solarzellenfläche befindet, ist hier an diese herangelegt. Die Parabolantenne ist zur Hälfte zusammengeklappt. Beim Erreichen der Flugbahn wird sie „aufgespannt“. Während der innere Teil aus festem Material besteht, ist der äußere Teil aus Maschendraht.





Oberteil von Luna 10.
Rechts unten:
ein Teil von Proton.



Eine der Triebwerkeinheiten mit vier Brennkammern der sowjetischen Trägerrakete, die zum Start der bemannten Raumschiffe vom Typ „Wostok“ eingesetzt wurde.

Sowjetische Raketen, die im Kosmos-Pavillon der Volkswirtschaftsausstellung in Moskau gezeigt werden. Im Vordergrund eine der geophysikalischen Höhenraketen, die in der Lage sind, 1,5 t Nutzmasse auf eine Höhe von rund 500 km zu transportieren. Dahinter eine weitere geophysikalische Rakete mit aufgeklappter aerodynamischer Schutzhülle. Im Hintergrund eine Rakete, wie sie jetzt zum Start von Kosmos-Satelliten eingesetzt wird.



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.-Gewl. Herbert Pfaffe

Wir berichten von unserer Wissenschaftlichen
Konferenz am 2. Dezember 1966 in Karl-Marx-Stadt

Elektrochemische Energiequellen und -speicher für Raumflugkörper

Dr. E. HOLLAX

Fortsetzung und Schluß.

3. Elektrochemische Systeme zur Speicherung thermischer Energie

Elektrochemische Wärmekonverter stellen spezielle galvanische Zellen dar, deren Reaktionsprodukte durch thermische Zersetzung (in einem Regenerator) außerhalb des elektrochemischen Systems regeneriert werden.

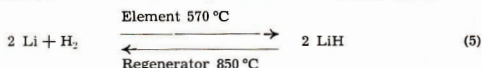
Um einen hohen Carnot-Faktor zu erzielen, muß die Temperaturdifferenz zwischen Element und Regenerator möglichst groß sein. Ein kontinuierlicher Betrieb ist dann gut möglich, wenn das Reaktionsprodukt und eine der Reaktivkomponenten flüssig und die andere gasförmig vorliegen.

Zweckmäßigerweise arbeitet der Regenerator bei Temperaturen, die gleich oder höher als die Zersetzungstemperatur des Reaktionsproduktes liegen, während die Temperatur des Elementes höher als die Schmelztemperatur des Elektrolyten bzw. der Reaktivkomponente sein muß.

Als geeignete strom- und spannungsliefernde Reaktion hat sich die Hydrierung der Alkali- und Erdalkalimetalle und speziell die des Lithiums erwiesen. Das Schema einer kompletten Anlage zeigt Abb. 2.

Die für die Regenerierung benötigte Wärme liefert bei Raumfahrzeugen die Sonnenstrahlung, die durch besondere Vorrichtungen, welche in einem späteren Bericht erläutert werden, konzentriert wird.

Die im LiH-Element ablaufende Reaktion gibt folgende Gleichung wieder:



Die erreichte Ruhespannung beträgt 720 mV. Als Elektrolyt dient ein bei 485 °C schmelzendes eutektisches Gemisch von LiCl (80 %) und LiF (20 %) [4].

Thermische Energiespeichersysteme haben zwar ein höheres Leistungsgewicht als Sekundärbatterien, in der Lebensdauer und der Zuverlässigkeit waren bisher getestete Prototypen den letzteren aber unterlegen.

4. Brennstoffzellen

4.1. Allgemeine Erläuterungen

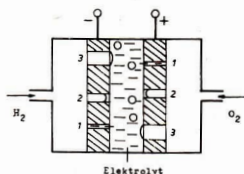
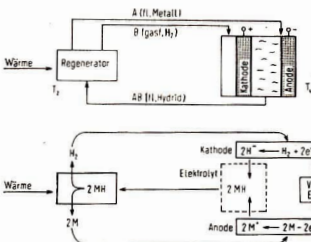
Eine Brennstoffzelle ist eine elektrochemische Zelle, die in einem isothermen Prozeß kontinuierlich die chemische Energie eines Brennstoffes und eines Oxidanten in elektrische Energie umwandeln kann, wobei das System Elektrode-Elektrolyt im Grunde genommen unverändert bleibt [5].

Als Oxidant ist vorzugsweise Sauerstoff geeignet. Ursprünglich war es das Ziel, als Brennstoff entsprechend dem Vorschlag von W. Ostwald [6], Kohle einzusetzen. Es stellte sich aber bald heraus, daß ihre Verbrennung nur bei hohen Temperaturen (bis zu 1000 °C) möglich war. Dabei traten aber schwer zu lösende Korrosions- und Konstruktionsprobleme auf, so daß man sich schließlich mehr auf die Entwicklung eines „indirekten Brennstoffelementes“ welches auch bei niedrigeren Temperaturen leistungsfähig ist, konzentrierte. Sie haben heute teilweise bereits technische Reife erlangt. Dabei werden zunächst aus der Kohle gewinnbare Brennstoffe, wie Wasserstoff, Alkohole, CO, usw. eingesetzt.

Zur Erzielung hoher Stromdichten geschieht der Umsatz der Reaktionspartner in der Regel an sogenannten Diffusionselektroden, welche aus hochporösen Kohle- oder Sintermetallkörpern bestehen.

Abb. 3: Prinzipieller Aufbau einer Knallgaszelle mit heteroporösen Elektroden.

Abb. 2: Fluß- und Reaktionsschema einer thermisch regenerierbaren Metallhydridzelle (3).



Schemata eines Knallgaselements mit heteroporösen Elektroden

1; 2; 3: Poren unterschiedlichen Durchmessers

1: $p_{\text{Kap}} + p_{\text{hyd}} > p_{\text{gas}}$

2: $p_{\text{Kap}} + p_{\text{hyd}} = p_{\text{gas}}$

3: $p_{\text{Kap}} + p_{\text{hyd}} < p_{\text{gas}}$

Dienen die Elektroden zum Umsetzen von Gasen, arbeiten sie als sogenannte Dreiphasenelektroden, d. h. in ihren Poren existiert sowohl eine Gas- als auch eine flüssige Phase. Da vorerst die Knallgaszelle die größte Bedeutung für die Raumfahrt besitzt, wird auf die Problematik der Dreiphasenelektroden im folgenden ausführlicher eingegangen.

Abb. 3 zeigt schematisch den Aufbau einer Knallgaszelle mit heteroporösen Elektroden. Es ist ersichtlich, daß der Durchmesser der Poren möglichst gleichgroß sein muß. Nur die Poren, für welche die Beziehung

$$p_{\text{kap}} + p_{\text{hyd}} = p_{\text{Gas}}$$

p_{kap} = Kapillardruck

p_{hyd} = hydrostatischer Druck

p_{Gas} = Druck des Reaktionsgases

gilt (auf Abb. 3 sind das die mit „2“ bezeichneten Poren), können elektrochemisch benutzt werden. Ist die Summe aus Kapillardruck und hydrostatischem Druck größer als der Gasdruck, füllen sich die Poren mit Elektrolyt. Im umgekehrten Fall tritt das Reaktionsgas ungehindert in den Elektrolyten ein.

Der Kapillardruck läßt sich nach Gleichung (6) berechnen:

$$p_{\text{kap}} = \frac{2 \sigma \cos \alpha}{r} \quad (6)$$

σ = Oberflächenspannung des Elektrolyten

α = Benetzungswinkel

r = Porenradius

Da der hydrostatische Druck praktisch vernachlässigbar ist, gilt Gleichung (6) näherungsweise für den Gasdruck. Er ist folglich der Oberflächenspannung des Elektrolyten direkt und dem Porenradius umgekehrt proportional.

Um die Elektrode bei Verwendung von flüssigen Elektrolyten mit einem möglichst geringen Überdruck betreiben zu können, gäbe es theoretisch die Möglichkeit, den Porenradius entsprechend zu vergrößern, oder Elektrodenmaterialien mit $\alpha \approx 90^\circ$ ($\cos \alpha \approx 0$) einzusetzen. Eine beliebige Porenradienvergrößerung ist aber aus verschiedenen Gründe nicht möglich, beispielsweise weil mit zunehmendem Porendurchmesser die Zahl der Reaktionsporen und damit auch die Größe der reaktionsfähigen Oberfläche kleiner werden muß. Auch der Randwinkel der für die Elektrodenherstellung in Frage kommenden Materialien (insbesondere Metalle) ist $\ll 90^\circ$ (z. B. Nickel: $\alpha = 0^\circ$).

Bei Gebrauch solcher Elektrodenmaterialien ist es insbesondere beim Einsatz im schwerelosen Raum sehr vorteilhaft, feste oder semifeste Elektrolyte zu verwenden. Elektroden mit flüssigkeitsabweisendem Material bzw. mit Poren gleicher Größe sind hier nicht erforderlich. Durch einen festen Elektrolyten, z. B. eine Ionenaustauschermembran, kann der Elektrodenabstand besonders klein gehalten werden. Außerdem ist eine Trennung der Reaktionsprodukte vom Elektrolyten wesentlich leichter. Schließlich stellt eine Membran auch eine ideale Trennwand für Reaktionsgase dar, beispielsweise für H_2 und O_2 beim Knallgaselement.

Von Nachteil dagegen sind die geringe Wärme- und Stromleitfähigkeit der Membran, ihre Empfindlichkeit gegen Austrocknung und ihr hoher Preis. (Zur Verbesserung der Leitfähigkeit wird die Membran zusätzlich mit Elektrolyt getränkt.)

Gegen die Austrocknung unempfindlich und in der Leitfähigkeit den Ionenaustauschermembranen überlegen sind elektrolytgetränkte Membranen aus Asbest. Sie sind außerdem gegenüber Säuren und Basen bis zu Temperaturen von etwa

150 °C unempfindlich. Sie vermögen ein beträchtliches Elektrolytvolumen aufzunehmen und besitzen eine wesentlich größere Kapillarkraft als beispielsweise poröse Metallelektroden. Dadurch können diese Membranen auf die Elektroden gepreßt werden, ohne daß letztere vom Elektrolyten überflutet werden. Es sind dabei auch heteropore Elektroden benutzbar.

Eine Überflutung des gesamten Elektrodenkörpers durch den flüssigen Elektrolyten läßt sich auch dadurch verhindern, daß die Elektroden aus zwei Schichten mit unterschiedlicher Porengröße hergestellt werden. Bei solchen, von F. T. Bacon [10] entwickelten Elektroden ist zwar ein vollständiger Gasumsatz möglich, der Betriebsdruck ist aber entsprechend dem Radius der feinen Poren der Arbeitsschicht relativ hoch. Der Aufbau der Doppelschichtelektroden wird unten noch ausführlicher beschrieben.

Es ist auch möglich, Elektroden aus einem hydrophoben Grundkörper, welcher durch Verpressen von geeignetem Elektrodenmaterial und hydrophobem Bindemittel hergestellt wird, und einer dünnen, beispielsweise durch nachträgliche partielle Zersetzung des hydrophoben Bindemittels erzeugten hydrophilen Deckschicht bestehen, herzustellen [7]. Diese Elektroden arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die von Bacon hergestellten, sind aber bei einem viel geringeren Betriebsdruck funktionstüchtig.

Der Mechanismus der in der Knallgaszelle (z. B. $-Me(H_2)/\text{Elektrolyt}/(O_2)Me+$) ablaufenden Reaktion — die Bruttoreaktion gibt Gl. (7) wieder — kann noch nicht als geklärt gelten. Erschwerend wirkt dabei die Tatsache, daß z. B. das Elektrodenmaterial oder



die Elektrolytzusammensetzung einen entscheidenden Einfluß haben; das gilt vor allem für die Sauerstoffreduktion.

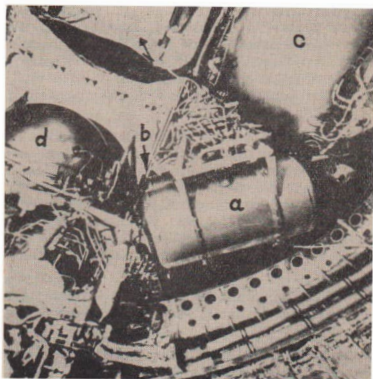


Abb. 4: Blick in den Adapter der Raumkapsel von Gemini 5.

4.2. Für die Weltraumfahrt entwickelte Brennstoffzellensysteme

Am bekanntesten dürfte die Knallgaszellenanlage der General Electric Company (USA) durch ihre Verwendung beim Gemini-Projekt geworden sein.

Die Zellen sind mit Gasschichten, H_2SO_4 -getränkten und kationendurchlässigen Ionenaustauschermembranen ausgestattet. Diese Membranen, welche aus sulfonierten Kunststoffen auf Polystyrolbasis hergestellt werden, dienen gleichzeitig als mechanischer Träger der aus feinverteiltem Platin (Sauerstoffelektrode) bzw. einer Platin-Palladium-Legierung (Wasserstoffelektrode) und Drahtnetzen aufgebauten Elektroden.

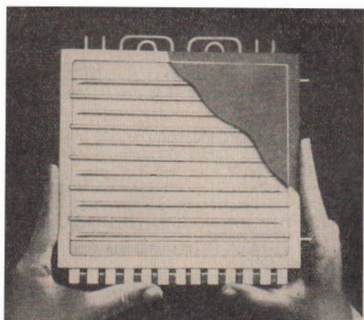


Abb. 5: Brennstoffzelle von Gemini 5.

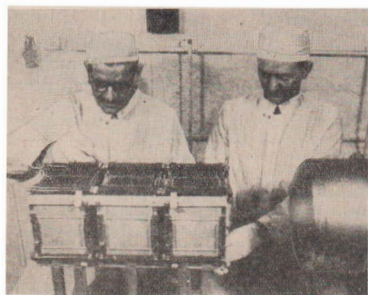


Abb. 6: Brennstoffzellen (jeweils in den Behältern a und b, vergleiche Abb. 4) von Gemini 5.

Abb. 4 zeigt einen Blick in den Adapter der Raumkapsel Gemini 5. Die Brennstoffzellen befinden sich in den zylindrischen Titan-Druckbehältern a und b. Die kugelförmigen Behälter c und d enthalten den flüssigen Wasserstoff bzw. Sauerstoff.

Eine einzelne Zelle mit dem Blick auf die Wasserstoffseite ist auf Abb. 5 zu sehen. Die erkennbaren Rohre dienen dem Wasserstofftransport, die Dochte der Wasserabfuhr (Sauerstoffseite).

In jedem der in Abb. 4 abgebildeten Behälter (a, b) sind 96 dieser Zellen (3 Gruppen zu je 32) untergebracht (vgl. Abb. 6). Beide Behälter zusammen (einschließlich Zubehör) wiegen 60 kp. Die Einzelbehälter haben einen Durchmesser von 32 cm und eine Länge von 65 cm.

Abb. 7 gibt schematisch das schwerkraftunabhängige System zur Wasserentfernung wieder [8]. Unter Ausnutzung der Kapillarität und der Druckunterschiede wird mit Hilfe der Dochte (b) das Wasser von der Sauerstoffelektrode abgesaugt, auf einen Verteilerdocht (c) übertragen, durch die Trennschicht (d) der Sauerstoff entfernt und schließlich in ein Sammelbecken abgegeben.

Das GEC-Brennstoffelementsystem für das Gemini-5-Projekt hatte eine Nennleistung von insgesamt 2 kW (bei 0,8 V Klemmenspannung pro Zelle) [8]. Die Spannung an den Sammelschienen der 6 parallel geschalteten Gruppen betrug je nach Belastung 23,3–26,5 V.

Eine schematische Darstellung der GEC-Brennstoffzellenanlage gibt Abb. 8. Mit der Ziffer 4 werden die Brennstoffzellen, mit der Zahl 1 die Sammelschienen bezeichnet. Die Ziffern 2, 3 und 8 kennzeichnen den Wassertank bzw. die -abführungen. Die Gaszuführungen werden mit 6 (Wasserstoff) und 13 (Sauerstoff) beziffert. Die Verlustwärme der Zellen, welche pro erzeugte elektrische kWh 650–850 kcal beträgt, wird durch ein Flüssigkeitskühlsystem (Organosilicat als Kühlflüssigkeit)

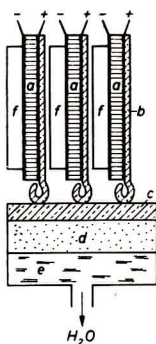


Abb. b 7: System der GEC-Brennstoffzelle zur Wasserentfernung (Gemini 5).

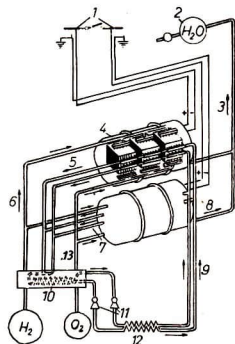


Abb. 8: Schematische Darstellung des Brennstoffzellensystems für das Gemini-Projekt.

abgeführt, welches an das Kühlsystem der Raumkapsel angeschlossen ist. Die Zahlen 5, 7 und 9 kennzeichnen den Kühlkreislauf, 10 den Wärmeaustauscher, in welchem die Reaktionsteilnehmer vorgewärmt werden und 12 den Wärmeabstrahler. Die Ziffer 11 bezeichnet die Kühlmittelpumpen.

Bekanntlich traten beim Gemini-5-Experiment einige Mängel auf, über deren Ursachen berichtet werden soll.

Die beiden Reaktionsgase lagern im flüssigen Zustand bei Tiefsttemperaturen und müssen durch Verdampferanlagen in den gasförmigen Zustand mit einem Überdruck von 50 kp/cm², welcher durch Druckminderer (an die Titanbehälter angeschlossen) auf den Betriebsdruck von 1,55 kp/cm² (H₂) bzw. 1,62 kp/cm² (O₂) gebracht wird, überführt werden. Auf der Sauerstoffseite werden dazu etwa 81 kcal und auf der Wasserstoffseite etwa 45 kcal pro erzeugte elektrische kWh benötigt. Der Verdampfer wird durch eine elektrische Heizwicklung in Betrieb gesetzt und im folgenden durch den Kühlkreislauf der Anlage beheizt. Die bereits unmittelbar nach dem Start von Gemini 5 beobachtete starke Leistungsminde rung der Brennstoffzellenanlage wurde durch den Defekt der genannten Heizwicklung verursacht, welcher offenbar während des Abschusses eingetreten war. Das System mußte sich somit langsam über die Verlustwärme selbst aufheizen.

Die später während des Gemini-5-Experimentes erneut beobachtete Verminderung der Leistungsfähigkeit des Systems ist vermutlich auf die Bildung sogenannter „hot spots“, das sind lokale Überheizungen der Membran, welche u. U. zu ihrer teilweisen thermischen Zerstörung führen können, zurückzuführen. Die Ursache ihres Auftretens liegt darin, daß sich zufällige Temperaturunterschiede infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit der Membran und der dünnen, wenig dichten Elektroden nicht ausgleichen können. Die dadurch entstehenden Löcher in der Membran ermöglichen die Vereinigung der Reaktionsgase zu Wasser ohne Stromlieferung. Prinzipiell tritt bei den hier beschriebenen Membranzellen wegen ihrer Empfindlichkeit gegen Austrocknung ein weiteres Problem auf. Da Kationen-Membranen an der negativen Elektrode austrocknen, muß man den Wasserstoff zusätzlich befeuchten. Bei starker Belastung der Zellen tritt dagegen an der Sauerstoffelektrode ein großer Wasserüberschuß auf, der zur Überflutung der Elektrode und darauf zu ihrer Funktionsuntätigkeit führen kann.

Inwieweit die letztgenannten möglichen Ursachen einer Leistungsverminderung beim Gemini-5-Experiment wirksam wurden, ließ sich allerdings nicht exakt nachprüfen, da der Adapter bereits vor dem Landemanöver abgetrennt wurde und die Zellen folglich nicht untersucht werden konnten.

Aus verschiedenen Gründen (siehe oben) scheint es günstiger, an Stelle der Ionenaustauscher-Membranen mit Kalilauge getränkte, gegenüber der Austrocknung unempfindliche Asbestgewebe (oder Asbestpapier) einzusetzen, wie es von der amerikanischen Firma Allis Chalmers mit Erfolg praktiziert wird [9]. Als Sauerstoff- und auch als Wasserstoffelektrode werden platin- und palladiumhaltige Sinternickelelektroden eingesetzt. Unter Verwendung von etwa 35prozentiger KOH als Tränkflüssigkeit konnten bei 90°C Stromdichten bis zu 210 mA/cm² bei 0,8 V Klemmenspannung erzielt werden. Die genannte Firma entwickelte im Auftrage der NASA und der US Air Force Knallgaselement-Prototypen mit Leistungen von beispielsweise 50 W und 1 kW. Die 1-kW-Batterie zeigte ein Leistungsgewicht von 47 W/kp und ein Leistungsvolumen von 80 W/l.

Von Allis Chalmers wurden Forschungen nach einer einfachen und zuverlässigen Methode der Wasserrentfernung (bei einem Minimum an mechanisch bewegten Teilen und an Energieverbrauch) vorgenommen.

Die Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß das Wasser durch eine an der Elektrode anliegende Kapillarmembran aufgesaugt und in den hinter der Membran liegenden, auf einen bestimmten (Unter-) Druck evakuierten Raum überführt wird. Abb. 9 zeigt eine schematische Anordnung einer Brennstoffzelle mit der das Wasser transportierenden Membran (a).

Für das bevorstehende Apollo-Projekt sollen modifizierte Bacon-Zellen der Firma Pratt & Whitney (USA) eingesetzt werden. Eine schematische Darstellung einer Bacon-Zelle mit Gas- und Elektrolytkreislauf zeigt Abb. 10. Die mit den Buch-

Abb. 9: Schema einer Brennstoffzelle mit passivem Wasserentfernungssystem. ▶

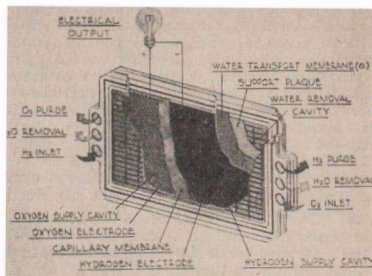


Abb. 10: Schematische Darstellung einer Hochdruckzelle nach Bacon mit Gas- und Elektrolytkreislauf [11]. ▶

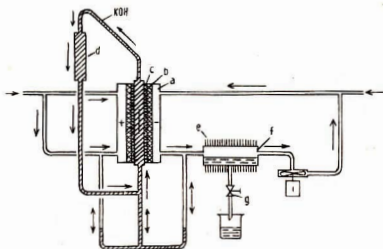
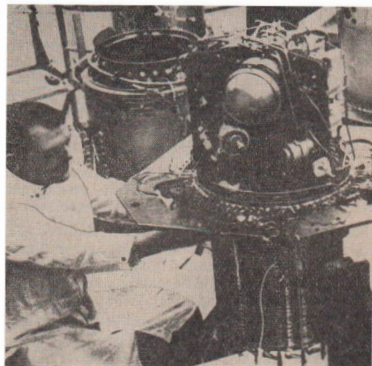
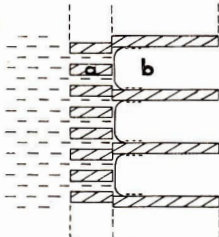


Abb. 12: Knallgas-Brennstoffzellen-Anlage der Firma Pratt & Whitney für das Apollo-Projekt. ▶

Abb. 11: Schema einer Doppelschichtelektrode. ▼



staben b und c bezeichneten Elektroden sind ihrer Art nach Sinternickel-Doppelschicht-Elektroden (vgl. Abb. 11). Diejenige Seite, welche dem Gas zugewandt ist (b), hat einen größeren Porenradius (beispielsweise $16\ \mu$) als die mit dem Elektrolyten in Kontakt stehende (z. B. $8\ \mu$). Nach Gleichung (6) ist der Betriebsdruck eine Funktion von $1/r$. Durch geeignete Porengrößenabstufung kann erreicht werden, daß infolge der Oberflächenspannung bei einem entsprechenden Gasdruck die feineren Poren gefüllt werden und die Ausbildung der Menisken zwischen fein- und grobporiger Schicht erfolgt. Dadurch kann das Gas vollständig umgesetzt werden. Die Elektroden sitzen in vernickelten Stahlkörpern (a). Der Elektrolyt wird ständig umgepumpt (d). Mittels eines Differenzmanometers zwischen Elektrolyt und Wasserstoffkreis wird die Geschwindigkeit des Ventilators (i) so geregelt, daß im Kühler (e/f) gerade soviel Wasser kondensiert wird, wie an der Anode entsteht. Das Kondensat wird über ein Ventil (g) abgelassen. Als Elektrolyt benutzt Bacon 35–40prozentige KOH.

Die Firma Pratt & Whitney Aircraft, welche die Patentrechte von Bacon erwarb und Brennstoffzellenanlagen mit mehreren kW Leistung für Raumsonden entwickelte, modifizierte das Verfahren dahingehend, daß anstatt des oben angegebenen Elektrolyten, bei dessen Verwendung immerhin ein Betriebsdruck von $25\ \text{kp/cm}^2$ erforderlich ist, der Baur-Elektrolyt — das ist eine Schmelze von $\text{KOH} \cdot 2\ \text{H}_2\text{O}$ — eingesetzt wird. Bei Zimmertemperatur ist der Elektrolyt fest; er schmilzt bei etwa 95°C . Es gelingt dadurch den Absolutdruck der Betriebsgase auf $1,5\text{--}3\ \text{kp/cm}^2$ zu senken. Die Reaktionsgase werden wie üblich in Druckbehältern oder kryogen gespeichert. Die Arbeitstemperatur liegt bei $200\text{--}250^\circ\text{C}$.

Abb. 12 zeigt eine 500 W (bei 28 V Klemmenspannung)-Knallgaszellenanlage der Firma Pratt & Whitney für das Apollo-Projekt. Auf dem unteren Teil des Bildes ist die Zellenordnung zu erkennen, auf dem oberen sind die Hilfsmaschinen sichtbar.

Die Testung dieser Anlage unter simulierten Raumfahrtbedingungen hat befriedigende Ergebnisse gezeigt. Die Dauerbetriebszeit war höher als die für die Mondlandung vorgesehene (etwa 340 h). Auch der Wert für die entnehmbare Leistung überstieg den geplanten. Das produzierte Trinkwasser entsprach den Anforderungen.

Von Ching und Cohen [11] wurde die Kombination einer modifizierten Bacon-Knallgaszelle mit einem Wasserzersetzer angeregt. Die notwendige Elektrolyse-Spannung für die Zersetzung des Reaktionswassers können Photozellen während der Sonnenperiode liefern. Die durch die Elektrolyse gebildeten Gase H_2 und O_2 werden (möglichst unter Druck) in Behältern gespeichert und in der Dunkelperiode den Brennstoffzellen zugeführt.

Ihre Arbeitstemperatur wird während der Ruhezeit durch eine elektrische Heizung von 20 W aufrechterhalten. Bei einer Belastung der Elektrolysezelle von $590\ \text{mA/cm}^2$ und einer Betriebstemperatur von 120°C wird ein Gesamtwirkungsgrad von $\sim 40\ \%$ erreicht.

Technisch wesentlich schwieriger, aber prinzipiell möglich, ist auch die Elektrolyse und die Gasumsetzung in einer kombinierten Zelle. Erste Ergebnisse mit Ionenaustauscherzellen wurden bereits publiziert [12].

Zweifelloos hat die Weltraumfahrt die Brennstoffzellenforschung stark intensiviert. Die erzielten Fortschritte kommen aber auch in gleichem Maße dem zivilen Sektor, wo ebenfalls für verschiedenste Zwecke mobile Energiequellen mit hohem Leistungsgewicht und -volumen benötigt werden, zugute.

Auf Grund ihres günstigen Wirkungsgrades, welcher weitaus höher ist als der anderer Energieumwandlungssysteme (Tab. 2), wären die Brennstoffzellen an sich

dazu prädestiniert, der bisherigen Energievergeudung (die Stromerzeugung durch Wärmekraftwerke geschieht nur mit einem Wirkungsgrad von 30–40 %!) Einhalt zu gebieten. Aber die zur Zeit noch hohen Investkosten wie auch Betriebskosten und die niedrige Gleichspannung bedingen, daß eine Veränderung der Energie-situation durch den Einsatz elektro-chemischer Brennstoffzellen gegenwärtig noch nicht im Bereich des Möglichen liegt.

Tabelle 2

Wirkungsgrad verschiedener Energieumwandler [13]

Wärmekraftwerke, Kernkraftwerke	30–40 %	
Dieselmotoren	30 %	
Benzinmotoren	15–20 %	
thermoelektrische Batterien	7 %	
thermionische Anlagen	14 %	
magnetohydrodynamische Anlagen	bis 60 %	(Wert geschätzt)
Brennstoffzellen	70–90 %	

Für die nächste Zeit scheint der Einsatz für Traktionszwecke, beispielsweise für den Antrieb von Gabelstaplern, Triebwagen für den Nahverkehr, Binnenpassagierschiffe usw., aber auch zur Energieerzeugung für Notstromanlagen, Funkstationen usw. am wahrscheinlichsten. Auch die Möglichkeiten des Autoantriebs mit elektro-chemischen Brennstoffzellen werden in Betracht gezogen; die Vermeidbarkeit der Abgabe schädlicher Reaktionsprodukte macht ihren Einsatz hier besonders empfehlenswert.

Literatur

- [1] R. C. Hamilton, XV. Intern. Astron. Congr. Warsaw, Syst. 1964.
- [2] E. R. Spangler, A. K. Thiel, VDJ-Z, 108/20, 853, (1966).
- [3] nach G. Grünberg, in W. Vielstich „Brennstoffelemente“, Verlag Chemie GmbH; Weinheim, Bergstraße (1965)
- [4] H. A. Lehtinen, W. S. Ferguson, R. A. Osteryoung, J. electro-chem. Soc. 104, 516, (1957).
- [5] vgl. „Fuel Cell Progress“ 3, 1, 2, (1964)
- [6] W. Ostwald, Z. Elektrochem. Ber. Bunsenges. Phys. chem. 1, 122, (1894).
- [7] K. Schwabe, E. Hollax, DDR-Patent angemeldet.
- [8] H. v. Döhren, J. Euler, Varta-Publikation, (1965).
- [9] W. Vielstich, „Brennstoffelemente“, Verlag Chemie GmbH; Weinheim, Bergstraße, S. 363, (1965).
- [10] F. T. Bacon Fuel Cells, Ed. G. J. Young; 1, R. 51, New York, 1960.
- [11] A. C. Ching, F. Cohen, Proc. 16th Power Sources Conference Atlantic City 1962 u. a.
- [12] J. S. Boue, Proc., 14th Power Sources Conference 1960, S. 62.
- [13] K. Schwabe, R. Köpsel, K. Wiesener, E. Winkler, Chem. Techn. 15, 5, S. 257, (1964).

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 weilte 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 Pirkuli. 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: Gesichtsrückkonstruktionen 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 Antarktikas, J. P. Welchow: Plasmaphysik; W. M. Shdanow: Virus und Zelle; B. K. Wainschtein: 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

