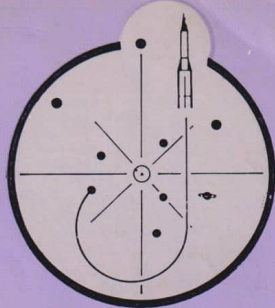


# Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

EVP 1,50

1987

1



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





# Astronomie und Raumfahrt

## Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

## Redaktion:

**Chefredakteur:** Prof. Dr. sc.

S. Marx

**Verantwortl. Redakteur:** OL

Heinz Albert

**Astronomie:** Prof. Dr. sc. S. Marx,

Dipl.-Phys. W. Häupl; - **Raum-**

**fahrt:** Prof. Dr. sc. D. Möhlmann,

Uwe Schmalzing; - **Philoso-**

**phie / Geschichte:** Dr. J. Hamel; -

**Amateure:** Ing. A. Grünberg,

Dipl.-Phys. J. Rendtel, StR A.

Zenkert, B. Zill; - **Aus der Lit.:**

J. Gasiecki; - **Rezensionen:** Dipl.

Phys. M. Woche; **Red.-Sekr.:**

Ing. W. Pohl

**Zeichn.:** M. Schreiter

## Redaktionsitz:

9630 Crimmitschau, Straße der  
Jugend 8, Fernsprecher 3800

## Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Heften.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, 1004 Berlin, Straße der  
Pariser Kommune 3-4.  
Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presssamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDR. Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

## Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

**Manuskripte** sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionssitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

**Der Nachdruck** der in Astrono-  
mie und Raumfahrt veröffent-  
lichten Beiträge ist nur mit Zu-  
stimmung der Redaktion ge-  
stattet.

## Satz und Druck:

IV/26/14 Fachbuchdruck Nbg.

# INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 1

|  |    |
|--|----|
| Klaus Schäfer: Erste Etappe des „Vega“-Projektes, Erforschung der Venus . . . . .                              | 2  |
| Manfred Reichstein: Uranussatelliten - Reste eines massereichen Systems . . . . .                              | 5  |
| Interview mit Prof. Dr. sc. K.-H. Marek zum Thema „Fernerkundung der Erde und anderer Himmelskörper“ . . . . . | 12 |
| Herbert Scholze: Das Fernrohr des Sternfreundes (Teil 1) - Grundlagen, Leistung und Abbildungsfehler . . . . . | 15 |
| Karsten Kirsch: Komet Halley (2. Bericht des AK „Kometen“) . . . . .   | 21 |
| André Koeckelenbergh: Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen September/Oktober 1986 . . . . .                   | 23 |
| H.-J. Mettig: Jupiterbeobachtungen 1985 (AK „Planeten“) . . . . .  | 23 |
| Neuer Leiter des Arbeitskreises „Planeten“ (Mitt. d. ZKAR) . . . . .   | 26 |
| Andreas Dill: Der rechnende Sternfreund . . . . .  | 27 |

## Kurzberichte

|  |    |
|--|----|
| Im August Jugendlager in Drehbach . . . . .                        | 14 |
| Astronomielager der Cottbuser - Die Astronomie in Berlin . . . . . | 28 |
| Merkur als Aufsuchhilfe für Mars . . . . .                         | 29 |

|   |    |
|---|----|
| Neu auf dem Büchermarkt - Vorschau - Unsere Autoren . . . . . | 30 |
|---|----|

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Anzeigen . . . . . | 28, 30 |
|--------------------|--------|

|  |    |
|--|----|
| Raumfahrtstatistik 1985 (Teil II, B. Priesemuth) . . . . . | 31 |
|--|----|

**Redaktionschluß:** 15. November 1986

**Auslieferung an den PZV:** 27. Februar 1987

## Bildseiten

Die ESA-Kometen-sonde „Giotto“ fotografierte am 13. März 1986 um 23<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> 50<sup>s</sup> UT aus ca. 25 000 km Entfernung den Kern des Kometen Halley mit der vom Max-Planck-Institut für Aeronomie, Katlenburg-Lindau/Harz (BRD) entwickelten „Halley-Mehrfarben-Kamera“ (HMC) in elf verschiedenen Spektralbereichen.

**Titelbild:** Das Foto ist eine Ausschnittsvergrößerung vom Bildzentrum der 4. Umschl.-S. in Falschfarben-Darstellung. Die verschiedenen Grautöne (Helligkeitsstufen) sind zur Kontrasterhöhung in willkürlich gewählte Farben umgesetzt worden. Der hellste Teil des Bildes zeigt Staub-Fontänen (jets). Links oben ist ein Teil des Kometenkerns (braun) erkennbar. Die Gesamtaufnahme umfaßt ein Gebiet von 36 km x 36 km.

**4. Umschl.-S.:** Die (auch original) verschiedenen Farben dieses Bildes entsprechen wieder verschiedenen Helligkeiten. Der Kometenkern (Bildmitte) ist als dunkles Gebilde erkennbar. Helle Streifen sind „jets“, die von sonnenbeschienenen Kernregionen ausgehen. Das Sonnenlicht kommt aus Richtung der unteren rechten Bildecke. Unser Bildausschnitt erfaßt etwa ein 83 km x 111 km großes Gebiet. Fotos: Max-Planck-Institut für Astronomie, MPG-Pressstelle München.

**2. Umschl.-S.:** Übersichtsaufnahme des Uranusmondes Miranda während der Anflugphase von Voyager 2 am 24. 1. 1986 aufgenommen. Im Bildbereich wird die reliefintensive Altkraterlandschaft von dem südpolnahen Trapezoid und einem größeren „Ovoid“ in Äquatornähe unterbrochen. Lesen Sie den Beitrag S. 55 ff., vgl. auch die Bildseiten I bis IV!

**3. Umschl.-S.:** Gesamtdarstellung des Planeten Jupiter aus Amateurbobachtungen (Zeichnungen) im Arbeitskreis „Planeten“. Lesen Sie dazu ab S. 23!



## Erste Etappe des Vega-Projektes: Erforschung der Venus

KLAUS SCHÄFER

Das erfolgreiche Projekt „Vega“, das im Rahmen der Interkosmos-Kooperation von mehreren Ländern gemeinsam durchgeführt wurde, hatte zwei Objekte des Sonnensystems zum Ziel: zunächst die Venus und danach den Kometen „Halley“. Dieser Artikel ist den Experimenten und ersten wissenschaftlichen Ergebnissen bei der Erforschung der Venus gewidmet, basierend auf [1]. Bezüglich der Forschungsergebnisse zum Kometen Halley sei auf die noch folgenden Arbeiten in AuR 1987 verwiesen.

### Projekt-Konzeption und Ablauf

Im Juni 1985 vollzogen die Abstiegsmodule der automatischen interplanetaren Stationen „Vega-1“ und „Vega-2“ eine weiche Landung auf der Oberfläche der Venus. Während ihres Fluges durch die Atmosphäre wurden ständig Messungen zur Struktur und Zusammensetzung der Atmosphäre durchgeführt. Auf der Venusoberfläche wurden Gesteinsuntersuchungen vorgenommen. In der mächtigen Wolkendecke der Venus gelang ein bisher einmaliges Experiment: Die Abstiegsmodule setzten je einen Ballon frei, in dessen Gondel sich wissenschaftliche Apparaturen für meteorologische Messungen sowie ein Radiosender befanden. Die beiden Ballone, die die ersten in einer Planetenatmosphäre außerhalb der Erde sind, drifteten zwei Tage in einer Höhe von ungefähr 54 km um die Venus. Damit war erstmals die Möglichkeit einer direkten Untersuchung der Atmosphäre und ihrer Dynamik im Bereich der Wolken gegeben. Die Abstiegsmodule tauchten auf der Nachtseite der Venus in die Atmosphäre ein. Die Ballone wurden zu einem Zeitpunkt abgesetzt, von dem an ihre atmosphärische Drift während der Meßphase von der Erde aus verfolgt werden konnte. 20 Radioteleskope aus allen Teilen der Erde fingen die vom Radiosender der Ballonsonde ausgestrahlten Signale zur Datenübertragung auf. Mit diesem Radioempfangsnetz,

dessen Realisierung ein hervorragendes Beispiel der internationalen Zusammenarbeit bei der friedlichen Erforschung des Kosmos ist, war es möglich, nach der Methode der differentiellen großräumigen Radiointerferometrie die Trajektorien der Ballondrift zu verfolgen. Aus der Dopplerverschiebung der empfangenen Radiosignale ist die mittlere zonale Windgeschwindigkeit bestimmt worden.

In Tabelle 1 sind wesentliche Daten zur Ballondrift und von den Ladeapparaten zusammengefaßt. Die Landeapparate, in ihrer Konstruktion ähnlich ausgelegt wie die von „Venera-13“ und „Venera-14“, konnten erstmals Messungen der Aerosole (Wolkenteilchen) und Spurenstoffe auf der Nachtseite der Venus durchführen. Die wissenschaftlichen Experimente an Bord der Lande-

Tabelle 1: Daten zur Ballondrift und von den Landeapparaten

| Parameter  | Vega-1       | Vega-2       |
|--|--------------|--------------|
| Datum des Starts   | 15. 12. 1984 | 21. 12. 1984 |
| Datum der Ankunft  | 11. 06. 1985 | 15. 06. 1985 |
| Koordinaten der Landung:   |              |              |
| Breite   | +8,1°        | -7,5°        |
| Länge  | 176,9°       | 179,8°       |
| Zenitdistanzwinkel der Sonne   | 169,3°       | 164,5°       |
| Höhe zum Beginn der Übertragung telemetrischer Daten der Landeapparate, km | 63 ± 0,5     | 63 ± 0,5     |
| Höhenlage der Landeapparate, km  | -0,6 ± 0,1   | +0,1 ± 0,1   |
| Oberflächen-Druck, atm   | 95           | 91           |
| Temperatur an der Oberfläche, K  | 740          | 734          |
| Drifthöhe des Ballons, km  | 54—53        | 54—53        |
| Länge des aktiven Ballonfluges, km   | 11500        | 11000        |
| Dauer der Datenübertragung des Ballons, h                                  | 46           | 46           |
| Druck in Drifthöhe, atm  | 0,5—0,6      | 0,5—0,6      |
| Temperatur in Drifthöhe, K   | 300—310      | 308—316      |
| Mittlere Driftgeschwindigkeit, m/s   | 69           | 66           |
| Zeitpunkt des Terminatorüberfluges, h                                      | 34           | 32           |
| Zenitdistanzwinkel der Sonne am Ende des Ballonfluges                      | 55—60°       | 55—60°       |

Tabelle 2: Wissenschaftliche Experimente und Geräte der Landeapparate

| Experiment bzw. Gerät                              | Gemessene physikalische Parameter  | Höhen-Arbeitsbereich |
|--|--|----------------------|
| meteorologischer Meßkomplex                        | Druck, Temperatur  | 63-0                 |
| Doppler-Frequenz-Messung                           | Windgeschwindigkeit, Turbulenz   | 63-0                 |
| Gas-Chromatograf                                   | chemische Zusammensetzung der Aerosole und gasförmigen Atmosphäre                | 63-47                |
| Massen-Spektrometer                                | s. o.  | 63-24                |
| Ultraviolett-Spektrometer                          | chemische Zusammensetzung der gasförmigen Atmosphäre                             | 63-0                 |
| Hygrometer   | H <sub>2</sub> O-Gehalt  | 63-30                |
| Röntgen-Fluoreszenz-Spektrometer                   | chemische Zusammensetzung der Aerosole   | 63-47                |
| Optischer Aerosol-Analysator                       | Konzentration und Größenverteilung der Aerosole, Brechungs- und Streukoeffizient | 63-30                |
| Nephelometer                                       | Konzentration und Größenverteilung der Aerosole                                  | 63-47                |
| Röntgen-Fluoreszenz-Radiometer mit Probenahmegerät | chemische Zusammensetzung der Oberfläche   |                      |
| Gamma-Spektrometer                                 | Gehalt radioaktiver Elemente an der Oberfläche                                   |                      |

apparate sind in Tabelle 2 und die der Ballone in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Die Interpretation der vielfältigen Meßdaten ist noch in einem vorläufigen Stadium. Insbesondere zur Absicherung der Aussagen über die chemische Zusammensetzung der Wolken sind weitere Laborexperimente geplant.

Abb. 1: Temperaturprofile in Abhängigkeit vom Druck, gemessen mit den Ballonen von Vega-1 und Vega-2 sowie dem Landeapparat von Vega-2.

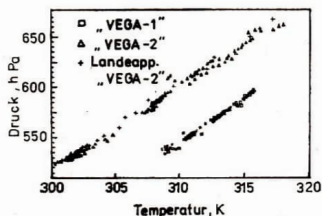


Tabelle 3: Wissenschaftliche Experimente und Geräte der Ballonsonden

| Experiment bzw. Gerät  | Gemessene physikalische Parameter                             |
|--|---|
| differentielle großräumige Radiointerferometrie mit Ballonsender und Bodennetz | Lage und horizontale Ballongeschwindigkeit                    |
| Dopplerverschiebung der Signale des Ballonsenders                              | Ballongeschwindigkeit radial zur Empfangsantenne, Turbulenzen |
| meteorologischer Meßkomplex  | Druck, Temperatur, vertikale Windkomponente                   |
| Nephelometer   | Helligkeit, Rückstreu-Koeffizient des Aerosols                |

### Untersuchungen mit Hilfe driftender Ballone

Die in der Gondel der driftenden Ballone vorgenommenen Messungen von Druck und Temperatur in der Atmosphäre brachten Daten, die gut miteinander korreliert waren. Die Ballone drifteten in einem Druckbereich von 525 bis 670 hPa. Das in diesem Druckbereich aufgenommene Temperaturprofil (Abb. 1) zeigt einen adiabatischen Zustand. Auf gleichen Druckniveaus unterscheiden sich aber die Temperaturen, die von beiden Ballonen gemessen wurden, um 6,5 K. Das kann bis jetzt nicht erklärt werden, da die Ballone auf nahezu gleicher Breite der Nord- (Vega-1) bzw. Südhemisphäre (Vega-2) drifteten, steht aber nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen der Temperaturbestimmung aus den Infrarot-Spektren von Venera-15 [2]. Die Temperaturwerte, die vom Landeapparat „Vega-2“ gemessen wurden (s. unter „Messungen“), passen sich gut in das Ballon-Profil ein. Als Ursache für die Differenz der Temperaturprofile in Abb. 1 kommen Unterschiede im thermischen Regime zwischen Nord- und Südhemisphäre, zeitliche Variationen, aber auch planetare Wellen in Frage.

Während der Drift wurden die Ballone durch den Einfluß des vertikalen Windes mehrfach aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht. Es wurden abwärts gerichtete Vertikalwinde bis zu 4 ms<sup>-1</sup> gemessen. Der Flug des Ballons von „Vega-2“ verlief zunächst ruhiger als der von „Vega-1“. Im Bereich des Morgenterminators sank aber der Ballon von „Vega-2“ einige Male stark ab, bis auf ein Druckniveau von 900 hPa. Diese Abwärtsbewegungen des Ballons wurden durch einen langanhaltenden abwärts gerichteten Vertikalwind von max. 4 ms<sup>-1</sup> verursacht. Zwischen der Bewegung der Ballone und der Oberflächentopographie besteht eine gute Korrelation. Die starken Vertikalbewegungen des



Ballons von „Vega-2“ setzten über dem Gebirge „Aphrodite Terra“ ein, das vom Ballon „Vega-1“ nicht überflogen wurde. Auch in der mittleren zonalen Windgeschwindigkeit, die aus der Dopplerverschiebung der empfangenen Radiosignale von den Ballonen bestimmt wurde (s. Tab. 1), ist beim Ballon „Vega-2“ über „Aphrodite Terra“ eine Anomalie festgestellt worden. Eine Erklärung dieser Zusammenhänge konnte bisher noch nicht gegeben werden. Weitere Aufschlüsse erwarten die Experimentatoren von der Auswertung der Radiointerferometrie für die Verfolgung der Trajektorien der Ballone. Auch die Beobachtung, daß die aus Dopplermessungen bestimmte zonale Windgeschwindigkeit eine Variation zeigt, die sinusoidal verläuft und in ihrer zeitlichen Charakteristik auf einen solaren Einfluß hinweist, bedarf weiterer Untersuchungen. Das Ballonexperiment von „Vega-1“ und „Vega-2“ hat insgesamt eine stärkere dynamische Aktivität der Venuswolken – höhere Windgeschwindigkeiten, stärkere Variationen der Winde – nachgewiesen, als bisher angenommen wurde.

### Messungen der Landeapparate

Das vom Landeapparat „Vega-2“ gemessene Temperaturprofil über der Höhe zeigt Abbildung 2. Die starke Temperaturinversion bei 62 km Höhe mit 254 K im Temperaturminimum ist eine Überraschung, da diese im allgemeinen in subpolaren Breiten auftritt [2]. Die hohe Geschwindigkeit der Temperaturmessung ermöglichte die Bestimmung von Schichten unterschiedlicher Stabilität, deren Grenzen in 8, 38, 45, 56 und 62 km Höhe liegen und Regionen thermischer Konvektion sein können.

Die Untersuchung der Zusammensetzung der Atmosphäre mittels einer Ultraviolett-Lampe und einem Spektrometer auf der Basis des

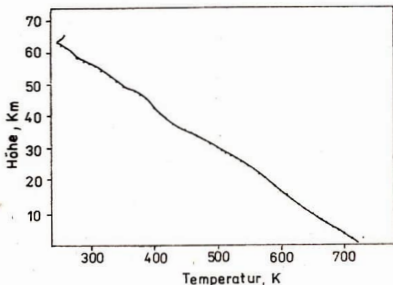
Absorptionsspektrums lieferte im ersten Interpretationsstadium Hinweise auf die Existenz des Schwefel-Allotrops  $S_8$  in gasförmiger Phase. Es wird ein Mischungsverhältnis von 5 bis 25 ppm in 25 bis 40 km Höhe angegeben. Die endgültige Interpretation wird zeigen, ob mit diesen Messungen ein Schritt zur Beantwortung der Frage nach dem weiteren UV-Absorber in den Wolken neben  $SO_2$  getan wurde.

Die Aerosol-Experimente bestätigen zunächst die bekannte Schichtenstruktur der Wolken:

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| untere Wolkenschicht   | 47–50 km       |
| mittlere Wolkenschicht | 50–57 km       |
| obere Wolkenschicht    | oberhalb 57 km |

und die Existenz von Dunstschichten unterhalb der Wolken bis in 32 km Höhe. In allen Wolkenschichten ist jedoch eine geringere Teilchendichte für Aerosole im Größenbereich 0,7 bis 10  $\mu m$  als bei bisherigen Experimenten festgestellt worden, die im Gegensatz zu diesem auf der Tagseite durchgeführt wurden. Weiterhin wurde die Dominanz der Schwefelsäure in den Aerosolen bestätigt.

Mit einem Probenahmegerät wurden Gesteinsproben von der Oberfläche entnommen und in das Innere des Landeapparates transportiert, wo sie auf ihre Zusammensetzung untersucht wurden. Die Messungen des Röntgen-Radiometers ergab folgendes Ergebnis: 11 %  $MgO$ ; 16 %  $Al_2O_3$ ; 45,6 %  $SiO_2$ ; 4,7 %  $SO_2$ ; 0,1 %  $K_2O$ ; 7,3 %  $CaO$ ; 0,2 %  $TiO_2$ ; 0,14 %  $MnO$ ; 8,5 %  $Fe_2O_3$ . Diese Zusammensetzung des Gesteins aus dem nördlichen Teil des Gebirges „Aphrodite Terra“ weist auf ein hohes Alter ( $4,6-4,3 \cdot 10^9$  Jahre) des Gesteins hin. Messungen früherer Landeapparate in anderen Gebieten der Venusoberfläche bestimmten basaltartige Gesteine geringeren Alters ( $3,8-3,6 \cdot 10^9$  Jahre).



Lit.: [1] R. Z. Sagdeev, V. I. Moroz, *Pis'ma v astronomitscheskij schurnal*, 12,1 (1986) 5–9. – [2] K. Schäfer et al., *Gerlands Beiträge zur Geophysik* (im Druck).

Abb. 2: Temperaturprofil in Abhängigkeit von der Höhe, gemessen vom Landeapparat der Sonde Vega-2.

## Uranussatelliten – Reste eines massereicheren Systems

MANFRED REICHSTEIN

Erwartetes und Unerwartetes brachten 1986 schon die ersten Ergebnisse des Vorbeifluges der Sonde Voyager 2 am viertgrößten Planeten unseres Sonnensystems ans Licht. Erwartet worden war, daß die bis dahin noch recht unsichere Rotationszeit des Gasriesen etwa zwischen 16 und 17 Stunden liegen würde. Die neuen, sogar nach Breitengraden differenzierten Werte der Strömungen im Methanwolkenniveau besagen nun, daß sie sich 40 bis 160 m s<sup>-1</sup> pro Grad, das heißt gleichsinnig zur allgemeinen Rotationsrichtung der Hauptmasse des Planeten, also dieser voraussetzend, bewegen. Die daraus resultierenden Umlaufzeiten ergaben zwischen 20° und 70° südlicher Breite Rotationsperioden zwischen 16,9 und 14,2 Stunden, mit den kürzeren Zeiten in den jeweils südpolnäheren Breiten. Für die Rotationsgeschwindigkeit der Hauptmasse des Planeteninneren wurden schließlich nach periodisch schwankenden Radioemissionen 17,24 Stunden abgeleitet – ein Wert, der etwas über den Erwartungen lag.

Sehr überrascht hat dagegen die Tatsache, daß die Raumlagen der Rotationsachse und der Magnetfeldachse um den ungewöhnlichen Betrag von etwa 60° voneinander abweichen und daß der magnetische Dipolkern derzeit sogar um 0,3 R<sub>u</sub> aus dem Zentrum des Planeten herausgerückt vorliegt. Eine alte Frage drängt sich damit erneut auf: Hat eine heftige Kollisionskatastrophe, vielleicht mit einem erdgroßen Körper, in irgendeiner Weise diese ungewöhnlichen Proportionen erzeugt?

Daß Kollisionen kosmischer Körper der verschiedensten Dimensionen einst eine bedeutende Rolle bei der Formierung des Satellitensystems des Uranus gespielt haben dürften, war nach den Erfahrungen beim sonnennäheren Jupiter- und Saturnsystem seit Jahren in zunehmendem Maße angenommen worden. Doch die wahre Intensität der an die Hauptakkretionsphase anschließenden Kollisionsbeanspruchung ließ sich bisher nur schwer abschätzen, und ohne Kenntnisse der wesentlichsten Strukturmerkmale der Satellitenoberflächen, bzw. der wahren Anzahl der Uranusbegleiter überhaupt, mußten alle Erwägungen bloße Hypothese bleiben.

Die Entdeckung der kleinen, schwarzen Uranusmonde – zehn an der Zahl, und alle noch innerhalb der Mirandabahn kreisend – hat hier

jedoch die theoretische Ausgangssituation völlig verändert (vgl. Abb. 1). Aber auch die ausgezeichneten Voyager-Aufnahmen von den Oberflächen der fünf schon länger bekannten Uranusmonde gestatten, aus ihnen viele Informationen über den Werdegang des Gesamtsystems abzulesen. Im folgenden sollen die Erkenntnisfortschritte in dieser Richtung herausgestellt werden, die vor allem von den Mitarbeitern des Voyager-Bildauswerteteams in zahlreichen, z. T. schnell erschienenen, gemeinsam und einzeln verfaßten Artikeln zum Ausdruck gebracht wurden (vgl. Literaturzitate). Dabei wurde zwangsweise am Beispiel des Uranussystems einmal mehr deutlich, daß im Gefolge der gelösten Fragen trotz oder gerade wegen unseres erweiterten Faktenwissens sich nun erst recht eine noch größere Anzahl neuer Fragestellungen anschließt.

### Bahn- und Substanzmerkmale der zehn schwarzen Uranussatelliten

Alle mit Hilfe der Voyager-Sonde entdeckten neuen Uranusmonde liegen zwar durchaus innerhalb des Bereiches, der für eine speziellere Satellitensuche zwischen der Uranusoberfläche und der Mirandabahn vorgesehen war, doch sie häufen sich ganz entschieden außerhalb des vermuteten Schwerpunkts ihrer Verbreitung (vgl. Tab. 1). Erwartet hatte man bis zu 18, die Ringe flankierende, von der Erde aus wegen ihrer Kleinheit nicht sichtbare Minisatelliten, sogenannte Hirtenmonde, – doch gefunden wurden, bis auf die Begleiter des Epsilon-Ringes, nur Satelliten außerhalb des Ringsystems. Ihre Verteilung zeigt bis auf eine gewisse Häufung in 60000 bis 70000 km Entfernung vom Uranuszentrum keine deutliche Konzentration auf resonante Bahnniveaus zu den größeren äußeren Satelliten.

Nur der größte und zuerst entdeckte von ihnen, 1985 U 1 oder auch inoffiziell „Puck“ genannt, läßt in dieser Hinsicht eine schwache Beziehung zur Umlaufzeit von Miranda bis Umbriel erkennen. Die von verschiedenen Seiten (French, Möhlmann, Reichstein) geforderte Besetzung des Bahnabstandes von rund 76000 km vom Uranus mit einem seiner Satelliten ist zwar durch den kaum 50 km Durchmesser überschreitenden Zwergsatelliten mit der vorläufigen Bezeichnung 1986 U 5, der in 75300 km Uranusdistanz kreist, annähernd erfüllt worden, doch will das bei der Fülle weiterer, nicht postulierter Bahnen in seiner Nähe nicht viel besagen.

Es lassen sich dagegen heute schon eine ganze Reihe von Merkmalen aufzählen, die dafür spre-

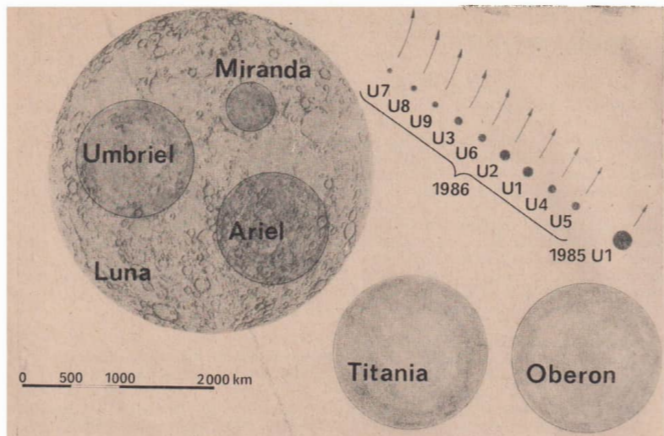


Abb. 1: Größenvergleich der Satelliten des Uranussystems mit dem Erdmond.

ehen, in dieser Schar von Kleinmonden die Trümmer eines oder weniger hier zuvor vorhanden gewesener Satelliten zu sehen. Bisher hat allerdings nur die Größe des „Puck“ ausgereicht, um einige spezifische physische Merkmale dieser Zwergge zu verraten. Danach hat 1985 U 1 einen Durchmesser um  $170 \pm 10$  km und ist an der Oberfläche von Kratern übersät. Der größte erreicht sogar 45 km Durchmesser, und dennoch scheint dieser Uranusmond in seiner pauschalen Kontur erstaunlich gut abgerundet zu sein, ganz im Gegensatz zu seinen in der Dimension verwandten Nachbarn im Saturnsystem. Er ist auch viel dunkler als diese hauptsächlich aus meteoritenstaub-verkrustetem  $H_2O$ -Eis aufgebauten Saturnsatelliten. Seine Oberflächenalbedo wird bei farblicher Neutralität mit 0,05 bis 0,09 angegeben. Der Vergleich mit dem Anblick von Holzkohle soll auch für die sonst noch etwas unsicheren Werte aller übrigen kleineren Uranussatelliten Gültigkeit haben und trifft mit Sicherheit auch für die Hauptmasse der groben Ringsubstanzen im Uranussystem zu.

Es besteht zwar noch keine Sicherheit über die chemische Formel der Verbindungen, die als Urheber der Schwärze solcher Satellitenmaterie im Uranussystem anzusehen wäre, doch lassen sich einige Stoffe mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür verantwortlich machen.

Infolge der großen Entfernung zur Sonne ist nachweislich hier unter den kondensierenden, leichtflüchtigen Stoffen primär der Methananteil bedeutend höher gewesen als z. B. im Saturnsystem. Es ist nun inzwischen erkannt worden, daß aus Methan, bzw. aus sogenannten Klatrathen, also Einschlußverbindungen z. B. mit Wasser, bei UV-Bestrahlung als Zersatz sehr dunkle Derivate hervorgehen können. Andererseits vermag auch purer Kohlenstoff, wie er z. B. in den besonders sonnenfern entstandenen Asteroiden schon stärker angereichert ist, solche niedrigen und farblich neutralen Albedowerte zu erzeugen.

Wichtig ist für uns vorzumerken, daß die Uranus-Ringsubstanzen sowie die seiner benachbarten Zwergsatelliten hochwahrscheinlich den gleichen Chemismus aufweisen und daß dieser aber auch eine hochgradige Übereinstimmung mit der Bausubstanz von Kometenkernen hat, die grundsätzlich hier als Haupterzeuger des Kraterreliefs der Zwergmonde angesehen werden.

### Vergleichende Betrachtung der Kraterreliefs der fünf größeren Uranussatelliten

Das Gemeinsame aller Oberflächenmerkmale der fünf schon länger bekannten Uranussatelliten



Übersichtstabelle zum Satellitensystem des Uranus

| Satelliten-name | Durchmesser in km | Dichte in g m <sup>-3</sup> | Albedo      | Entfernung vom Uranuszentrum in km | Umlaufzeit in Std. | Bemerkungen  |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------|--|
| 1986 U 7        | 15—40             |                             | 0,1         | 49700 ± 50                         | 8,0                | bei allen neuen Zwergsatelliten (U 1 bis U 9) liegen die vermuteten Albedo-Werte etwa in halber Höhe zu den angegebenen maximalen von 0,1; entsprechend unsicher sind auch noch die Angaben für ihre Durchmesser |
| 1986 U 8        | 25—50             |                             | 0,1         | 53800 ± 50                         | 9,0                |  |
| 1986 U 9        | 40—50             |                             | 0,1         | 59200 ± 50                         | 10,4               |  |
| 1986 U 3        | 50—60             |                             | 0,1         | 61800 ± 50                         | 11,1               |  |
| 1986 U 6        | 50—60             |                             | 0,1         | 62700 ± 50                         | 11,4               |  |
| 1986 U 2        | 70—80             |                             | 0,1         | 64600 ± 50                         | 11,8               |  |
| 1986 U 1        | 70—80             |                             | 0,1         | 66100 ± 50                         | 12,3               |  |
| 1986 U 4        | 50—60             |                             | 0,1         | 69900 ± 50                         | 13,4               |  |
| 1986 U 5        | 50—60             |                             | 0,1         | 75300 ± 50                         | 14,9               |  |
| 1985 U 1        | 170 ± 10          |                             | 0,07 ± 0,02 | 86000 ± 50                         | 18,3               |  |
| Miranda         | 484 ± 10          | 1,26 ± 0,39                 | 0,34 ± 0,02 | 129900<br>(129783 ± 66)<br>190900  | 33,9               | Die Entfernungsangaben entsprechen gerundeten Mittelwerten.<br>(In Klammern finden sich die neueren genaueren Werte für die halben großen Achsen.)   |
| Ariel           | 1160 ± 10         | 1,65 ± 0,30                 | 0,40 ± 0,02 | (191239 ± 57)<br>266000            | 60,5               |  |
| Umbriel         | 1190 ± 20         | 1,44 ± 0,23                 | 0,19 ± 0,01 | (265969 ± 48)<br>436300            | 99,5               |  |
| Titania         | 1610 ± 10         | 1,59 ± 0,09                 | 0,28 ± 0,02 | (435844 ± 86)<br>583400            | 208,9              |  |
| Oberon          | 1550 ± 20         | 1,50 ± 0,10                 | 0,24 ± 0,01 | (582596 ± 71)                      | 323,1              |  |

ist neben dem Vorhandensein sehr großer Einschlagstrukturen von über 100 km Durchmesser, daß sie alle auch Felder mit heller Färbung aufweisen, so daß ihre Albedowerte deutlich über denen der Zwergsatelliten des Uranus-systems liegen (vgl. Tab. 1). Ansonsten aber zeigen die Reliefs teilweise überraschende Unterschiede in den tektonischen Verformungsmerkmalen, so daß jeweils eine recht eigenständige „geologische“ Entwicklungsgeschichte von mindestens einigen 100 Millionen Jahren oder gar bedeutend länger für sie angenommen werden muß.

Untereinander stehen sich nach Strukturmerkmalen einerseits die Monde Oberon und Umbriel mit ihrem Altkraterrelief, als auch Titania und Ariel mit ihren verzweigten Grabensystemen je etwas näher, obwohl sie weder direkte Nachbarn in der Bahn oder der Größe nach sind (s. Bild-S. 2 und 3).

Es kann natürlich auch sein, daß der Mangel an beobachteten linearen, tektonischen Elementen im Fall von Umbriel und Oberon mit auf die relativ geringe Qualität der Bildauflösung zurückgeführt werden muß, die zuverlässige kraterstatistische Angaben nur bis hinunter zur Grenzgröße von zirka 25 km Kraterdurchmesser erlaubt. Sicher ist aber, daß bei ihnen die Häufigkeit der Großkrater deutlich höher ist als auf den ins Bild gekommenen Oberflächenanteilen der Südhemisphäre von Ariel und Titania. Im Bereich von 50 bis 100 km Kraterdurchmesser sind die kosmischen Einschlagnarben übrigens auf Umbriel und Oberon in etwa so häufig, wie sie sich noch heute auf Altkrustenflächen des

Erdmondes nachweisen lassen. Die Urheber waren nur substanziell ganz verschiedener Art, nämlich kometenkernverwandte Eisgeschosse im sonnenfernen Uranusbereich und silikatreiche kosmische Körper vom Asteroidentyp über der Zielscheibe „Luna“.

Das deutliche Defizit an großen Einschlagkratern auf Titania und Ariel dürfte nach der Analyse ihrer sonstigen Krustenmerkmale sekundärer Natur sein. D. h. verschiedene Anzeichen sprechen dafür, daß Aufheizvorgänge im Inneren der Satellitenkörper zur teilweisen Tilgung alter Kraternarben an der Oberfläche führten. Inwieweit dabei ein trotz der tiefen Temperaturen durch den vorhandenen Methangehalt evtl. sogar explosiv-mobilisierter „Eisvulkanismus“ mit seinen Exhalationsprodukten eine entscheidende Rolle gespielt hat, wissen wir noch nicht genau zu sagen. Sicher ist aber, daß in der Spätphase der thermischen Evolution, vor allem auf Ariel, die zahlreichen, während einer Dehnungsphase der Kruste entstandenen Grabensysteme in ihren stärker abgesenkten Flächenelementen von „Eismassen“ aus der Tiefe überströmt worden sind. Aus den großen Unterschieden in der Häufigkeit von Einschlagkratern mittlerer Größenordnung, die örtlich auf Ariel in diesen Gräben sogar gänzlich fehlen können, läßt sich auf eine relativ lange Aktivzeit dieser Eisschmelzenförderung schließen.

Auch im Saturnsystem liegen mit Tethys, Dione, Rhea und Japetus vier Satelliten im Durchmesserbereich von rund 1000 bis 1500 km vor. Es ist interessant, sich die Analogien und Unter-

schiede klarzumachen, die so masseähnliche Satellitentypen beider Systeme kennzeichnen. Oberflächenerneuerungsprozesse, also ein sogenanntes „resurfacing“, hat es nämlich auch auf den Eiskörperoberflächen der genannten Saturnsatelliten gegeben. Es lassen sich also Kraterlandschaften unterschiedlichen Alters auch hier nachweisen. Doch die linearen, tektonischen Krustenstrukturen entsprechen einem anderen Verformungstyp, als er uns mit dem Netzmuster verzweigter Gräben auf Titania, und besonders auf Ariel begegnet ist. Die Dehnungsfurchen zeigen auf Dione und Tethys, aber auch auf Enceladus, ein intensives subparalleles Streifenmuster, das an Parallelercheinungen im Bereich der großen, irdischen, plattentektonischen Riftsysteme erinnert. Auf den Saturnmonden könnte nach neuerer Auffassung – zumindest auf Dione und Rhea – ebenfalls ein solches erdverwandtes „rifting“, das heißt ein rückweises Öffnen globaler Spaltensysteme unter Hervorquellen einer Schmelze, stattgefunden haben. Dabei soll hier nach G. J. Consolmagno (1985) das Wiedergefrieren eines eutektischen Gemisches aus  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  der Motor des dynamischen Geschehens gewesen sein. Für Tethys wird allerdings als Ursache ihres annähernd eine Hemisphäre überziehenden Hauptfurchensystems die Erzeugung durch eine gewaltige kosmische Einschlagkatastrophe nicht ausgeschlossen (s. Titelbild).

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Satelliten beider Systeme ergibt sich auch noch aus dem Vergleich ihrer mittleren Dichtewerte. Trotz noch bestehender Unsicherheiten (vgl. Tab. 1) ist der allgemeine Trend zu etwas höheren Dichtewerten bei den Uranussatelliten eindeutig. Deren mittlerem Wert um  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$  steht bei starker Vereinfachung ein solcher nahe  $1,5$  bis  $1,6 \text{ g cm}^{-3}$  bei den Uranussatelliten gegenüber. Wichtig ist, daß der bis vor kurzem angenommene hohe Dichtewert um 3 für die relativ kleine Miranda sich als unrichtig herausgestellt hat und damit eine sonst mögliche substanzielle Sonderstellung für diesen Satelliten gegenüber seinen äußeren Nachbarn entfällt.

Für die chemische Zusammensetzung der Uranus-Satellitenkörper erlauben deren neue Dichtewerte trotz ihrer eigentümlichen „Mittellage“ zwischen „Extremen“, die sich aus bestimmten Modellvorstellungen ergeben, dennoch interessante Schlußfolgerungen. Nach neueren Erkenntnissen soll nämlich im Entstehungsbereich des Uranus der Kohlenstoff weniger als Methan dem solaren Urnebel beigemischt gewesen sein, als vielmehr in Form des Kohlenmonoxids ( $\text{CO}$ ). Wäre das neben einer Reihe weiterer Bedingungen richtig, und die Satelliten wären des wei-

teren aus Planetesimalen in der Zusammensetzung von geringeren Anteilen silikatischer Substanzen, gemischt mit Wasser und Einschlußverbindungen aus Kohlenstoff und Stickstoff hervorgegangen, dann sollte man am Ende eine Dichte der Satelliten sogar um  $1,7$  bis  $1,8 \text{ g cm}^{-3}$  erwarten. Sie wären aber viel leichter geworden und hätten nur etwa den Mittelwert der Saturnsatellitendichte erreicht, wenn die Akkretion aus Substanzen erfolgt wäre, die neben  $\text{H}_2\text{O}$ -Eis und den Silikaten noch hohe Anteile von Ammoniak und Methan-Verbindungen enthalten hätten.

Vielleicht war weder die eine noch die andere Modellkonzeption im idealen Sinne verwirklicht, sondern ein Zwischenzustand. Und ferner ist nicht auszuschließen, daß die postulierte große Kollisionskatastrophe des Uranus, die vermutlich seine Rotationsachse so nahe in seine Bahnebene kippen ließ, auch noch einen gewichtigen, aber schwer abzuschätzenden Beitrag zur strukturellen und materiellen Umformierung seines Satellitensystems geliefert haben kann.

## Allgemeine Grundzüge der Reliefentwicklung von Satellitenoberflächen

Mit den fünf größeren Uranussatelliten sind es nunmehr schon über 20 Mitglieder des Sonnensystems geworden, die kraterstatistisch untersucht werden konnten. Für die sonnenfernen Satellitensysteme haben sich dabei einige grundsätzliche Entwicklungstendenzen im Verlauf des kosmischen Bombardements der Satellitenoberflächen erkennen lassen. Danach lassen sich besonders gut im Saturnsystem – und nunmehr auch bei den Uranussatelliten – maximal drei Einschlagkratergenerationen unterscheiden, die in der Fachliteratur auch als Populationen bezeichnet werden.

Unter *Population I* versteht man (nach Smith u. a. 1981, 1982) Krater der ältesten, im Sonnensystem noch überlieferbaren Kollisionsvorgänge. Sie wurden vorzugsweise in der ausklingenden Akkretionsphase erzeugt und damit durch Geschosse des zur Neige gehenden Planetesimalvorrats auf heliozentrischen Bahnen hervorgerufen. Solche Körper können zum Teil dann schon zu beträchtlicher Größe in der Kilometerdimension herangereift sein. Ihre Einschlagwirkung auf uns bis heute noch erhaltenen Satellitenoberflächen ist an einem relativ hohen Anteil sehr großer Krater von z. T. über 100 km Durchmesser zu erkennen.

Die *Population II* stellt sich als Kratergeneration dar, die in erster Linie aus den Nebenwirkungen der dynamischen Prozesse während der

ausklingenden Akkretionsphase zu verstehen ist; wenn nämlich die kosmischen Geschosse durch Größe und Auftreffgeschwindigkeit so viel Energie freisetzen, daß sie Kratergrößen zu erzeugen vermögen, die in der gleichen Dimension liegen wie der getroffene Körper, oder sogar noch größere, dann führt eine solche Kollision zum Zerreißen und damit zur Zerstörung der Zielkörpermasse. Es wird dabei eine große Menge von Sprengstücken erzeugt, die zum Teil nunmehr auf planetozentrischen Bahnen die sich formierenden Satellitensysteme der großen Planeten mit durchlaufen und selbst wieder durch neuerliche Kollisionen mit diesen Satelliten Krater erzeugen können. Im Vergleich zur Population I ergibt die Pauschale dieser zweiten Kratergeneration ein Querschnittsprofil geringerer Dimension.

Als *Population III* wird die jüngste, bis in die Gegenwart hinein erzeugte Kratergeneration bezeichnet. Als fast einziger Lieferant der Projektile wird das nach Milliarden zählende Reservoir an langperiodischen Kometen angesehen, dessen Zustrom im Uranusbahngebiet aus den noch sonnenferneren Regionen der Oortschen Wolke zirka viermal größer sein soll als der in die Nähe Jupiters führende. Es wurde errechnet, daß sich durch Einfangvorgänge daraus eine Uranusfamilie von kurzperiodischen Kometen rekrutieren könnte, die 600 bis 700 mal an Mitgliedern reicher ist als die uns bekanntere Jupiterfamilie. Aber von der Erde aus lassen sich diese Objekte wegen der großen Verweilzeit im koma- und schweiflosen Zustand in den so sonnenfernen Räumen nahe und jenseits des Uranus fast nicht beobachten, und wegen der weiten Raumstreuung und der daraus resultierenden längeren Lebenszeit der Kometen kommt im Endeffekt auf der Oberfläche der Uranussatelliten nur eine den Verhältnissen im Jupitersystem sehr nahestehende Kollisions- oder Kraterentstehungsrate zustande.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen weisen die von Kometenkernen verursachten Kraternarben auf den betroffenen Eissatellitenoberflächen im allgemeinen Dimensionen auf, die sich kaum von denen der Population-II-Krater unterscheiden.

### Die Entwicklungswege der Uranussatelliten und ihre Probleme

Wir sind nunmehr in der Lage, auf der Basis der bisherigen kraterstatistischen Untersuchungsergebnisse und der allgemeinen Strukturanalyse der Uranussatelliten deren Entwicklungswege bereits in einigen grundsätzlichen Zügen nachzeichnen zu können.

Geht man, wie Smith u. a. es 1986 getan haben, vom realen Kraterbesatz der Oberonkruste aus, so läßt sich grundsätzlich hier ein hoher Anteil an Kollisionsnarben, die zur Kraterpopulation I gehören, feststellen. Dabei kam es u. a. zur Erzeugung eines 20 km hohen Zentralberges innerhalb eines kaum noch im Profil erhaltenen 300 km-Kraters sowie sehr oft zum Auswurf von hellen Eismassen im Anschluß an die Impactvorgänge. Nachträglich wurde dann aus einigen der größten Krater noch eine primär oder sekundär schwärzlich wie die Uranusringe gefärbte Substanz gefördert, die sich mit Fragezeichen auf zersetzte Methanverbindungen zurückführen läßt.

Verfolgen wir von der Position dieses derzeit äußersten Uranussatelliten die Kratererzeugung in Richtung zum Uranuszentrum, dann muß der Fokussierungseffekt, den das Schwerfeld des Riesenplaneten auslöst, statistisch gesehen, von Satellit zu Satellit weiter einwärts ein immer intensiver werdendes Bombardement ausgelöst haben. Als wichtigste Konsequenz ergibt sich dabei, daß schon im Abstandsbereich des Umbriel, bzw. bis etwa zur Arielbahn eine Intensitätsstufe des kosmischen Beschusses vor mehr als 4 · 10<sup>9</sup> Jahren erreicht gewesen sein muß, die mindestens einmal zur völligen Zerstörung (*disruption*) des jeweiligen Satellitenvorläufers in diesen Bahnbereichen geführt haben sollte.

Für die noch uranunäher kreisende, kleine Miranda hätte nach Smith u. a. (1986) dann die hohe Anflugdichte großer, kosmischer Geschosse während der Zeit, da sich Oberons Krater bildeten, sogar zur fünfmaligen Zerreißen und Wiederausammenballung ihrer weniger beschleunigten Restmaterie geführt haben können. Eine ganze Reihe von Merkmalen ihres ungewöhnlichen Reliefs würde unter diesen Gesichtspunkten leichter verständlich.

Weil die Voyager-Sonde an diesem Satelliten von rund 490 km Durchmesser in nur etwa 30000 km Abstand am 24. 1. 1986 vorbeiflog, ließ sich für einige Gebiete auf ihr die Größen-Häufigkeitsbeziehung der Einschlagkrater sogar bis zur Grenzgröße von ca. 3 km Durchmesser bestimmen. Diesem Vorteil steht der Nachteil gegenüber, daß auf Miranda der auswertbare Oberflächenteil mit den ältesten Kraterstrukturen relativ klein ist, so daß kaum noch statistische Aussagen für Krater über 20 km Durchmesser gemacht werden können.

Was wir zunächst feststellen können (vgl. 4. Umschl.-S.), ist eine deutliche Zweiteilung der Hauptkrustentypen. Krustentyp 1 fällt weniger aus dem Rahmen der schon auf den Nachbarsatelliten beobachtbaren Erscheinungen und wurde von Einschlagkratern der



Populationen II und III bis zur Sättigung geprägt. Viele der mittelgroßen Krater um 5 bis 10 km Durchmesser zeigen sich uns noch mit relativ steilem Relief, wirken also zum Teil recht frisch. Die Mirandalandschaften ähneln damit auf rund  $2/3$  ihrer ins Bild gekommenen Südhemisphäre sehr dem Anblick der Eislandschaften auf Mimas im Saturnsystem. Während dieser Saturnmond von knapp 400 km Durchmesser aber rundum nur diese eine Landschaftsform aufzuweisen hat, zeichnet sich Miranda noch durch drei Areale aus, in denen uns die Kruste mit ihrem Typ 2 auf ganz ungewöhnliche Art verjüngt gegenübertritt.

Unweit des Südpols des Satelliten hat die Voyager-Sonde z. B. ein trapezförmig konturiertes Furchenareal von rund 200 km „Kantenlänge“ voll erfaßt (vgl. Umschl.-S. 2). In seinem Inneren sind in der Kilometerdimension erheblich weniger Einschlagkrater zu beobachten als auf dem älteren Krustentyp. Es läßt sich belegen, daß sie im wesentlichen der Population III angehören. Statt durch eine Vielzahl von Kraterreliefs wird dagegen das Innere dieses trapezoiden Areals von meist spitzwinklig aufeinander zulaufenden Furchensystemen geprägt, wobei ein scharf begrenztes Feld mit hellerem Baumaterial im Zentrum besonders auffällt.

Zwei weitere Verjüngungsfelder der Miranda-Kruste ragen nur mehr oder weniger zur Hälfte in die beleuchtete und von der Sonde beobachtbar gewesene Südhemisphäre des Satelliten hinein. Ihre Bauformel (innere Struktur) zeigt eng verwandte Züge zum soeben beschriebenen trapezförmigen Areal, doch ihre äußeren Umrisse wirken deutlich abgerundeter, weshalb sie beide vorläufig auch als „Ovoid“ bezeichnet werden (vgl. Umschl.-S. 4).

Parallel zum Äquator, und damit zur Peripherie der annähernd polzentrierten Aufnahme der Südhemisphäre Miranda, haben die beiden einander fast diametral gegenüber liegenden Ovoid Ausdehnungen von mindestens 300 km aufzuweisen. Quer dazu, also in meridionaler Richtung, sind beide Ovoid nur unvollständig im Bild erfassbar gewesen, doch läßt sich ein mehr oder weniger vierseitiger Gesamtgrundriß mit abgerundeten Ecken mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuten.

Die den Außenkonturen mehr oder weniger subparallelen Furchensysteme vermitteln auf den ersten Blick für die Struktur des Inneren der Ovoid einen an Rennbahnen erinnernden Eindruck, was bekanntlich zum Spitznamen und Vergleich mit dem „Circus Maximus“ des alten Roms schon bald nach den ersten Fernsehbildübertragungen durch die bearbeitenden Wissenschaftler führte. Sehr schnell wurde damals eine

Arbeitshypothese geäußert, nach der gerade diese drei Furchenfelder eingefrorene Bewegungsbilder von Wiederzusammenballungsvorgängen eines zuvor schwer kollisionsbetroffenen Miranda-Vorläufers sein sollten. Eine Variante war, daß es sich dabei sozusagen um die Verschluckungsnauben größerer absinkender Massen handeln könnte, deren Dichte etwas über dem Mittelwert des Satelliten liegt.

Zur Zeit reagiert man wieder etwas vorsichtiger, denn wie das Ganze unter den Bedingungen einer sonst einheitlich aufgebauten und weitverbreitet erhaltenen Typ-1-Kraterkruste funktionieren sollte, verbleibt nicht so einfach erklärbar.

Fest steht jedoch nach den kraterstatistischen Untersuchungen, daß ein relativ großer Zeitabschnitt vergangen sein muß, ehe in den so scharf begrenzten jüngeren Bereichen der Miranda die Krustenerneuerung über Aufschmelz- oder Erweichungsprozesse des Altmaterials eingesetzt haben kann, denn der Unterschied in der Kraterbesetzungsdichte zwischen beiden Mirandalandschaften vom Typ 1 und 2 ist erheblich. Die Intensitätsstufe des allgemeinen kosmischen Bombardements mußte sich also schon sehr in Richtung der gegenwärtigen Bedingungen abgeschwächt haben, als die lokale Krustenfurchung einsetzte. Ihr folgte übrigens noch eine Zeit starker tektonischer Zerstückelung, die grabenartige Elemente entstehen ließ, die beide Krustentypen zu durchschlagen vermögen. Schollenversetzungen mit Sprunghöhen über 15 km sind an solchen Störungen erkennbar.

Man hat darauf hingewiesen, daß die Miranda-Furchensysteme am ehesten noch mit den gefurchten Bereichen, auch „Sulci“ genannt, auf Ganymed vergleichbar wären. Das mag, unter rein morphologischen Aspekten betrachtet, auch richtig sein, und vielleicht sind auf beiden Satelliten darüber hinaus sogar Parallelen in den dynamischen Vorgängen vorhanden, die diese riftartigen Strukturen eventuell in vielen Intervallen durch pulsierende Nachschübe relativ plastisch verformbarer oder fließfähiger Massen aus der Tiefe entstehen ließen.

Doch wenn wir schon beim Vergleich Ganymed und Miranda sind, dann sollte auch nicht unerwähnt bleiben, daß die Raumverteilung der Furchenfelder beider Satelliten sich insgesamt sehr konträr entwickelt hat. Auf Ganymed bilden nämlich – umgekehrt zu den Bedingungen auf Miranda – nicht die Furchensysteme, sondern die Altkraterflächen die polygonalen, teils kontinentgroßen Inseln. Das globale Netz der Furchenfelder umfließt sie so, wie man es für ein fortgeschrittenes Stadium einer Krustenauflösung durch Konvektionsströmungen aus

einer durch Aufheizung mobilisierten Mantelhülle eines solchen Satelliten auch erwarten darf. Die nicht allzu sehr davon verschiedenen, aber selteneren, langgestreckten Furchenfelder der Saturnsatelliten Enceladus, Tethys und Dione wirken in dieser Hinsicht wie dynamisch verwandte Strukturen, deren Bewegung nur in einer noch initialeren Phase als auf Ganymed wieder zum Stillstand kam.

Vielleicht läßt sich dies scheinbar aus dem Rahmen fallende Oberflächenmorphologie der Miranda dann noch am ehesten erklären, wenn man davon ausgeht, daß sich im Inneren dieses Uranussatelliten noch gar kein ausgereifter Schalenbau, wie er vermutlich im relativ großen Ganymed vorliegt, einstellen konnte. Dies sei hier wenigstens als Vermutung geäußert.

Wenn es z. B. so ist, daß die heutige Miranda einst einen größeren Vorgänger hatte, in dessen Innerem sich schon ein gewisser Schalenbau abzeichnete, oder der schon primär zumindest nicht homogen aufgebaut war, dann könnte nach neuerlicher Zerstörung dieses Körpers aus den Resten sich ein Satellit zusammenballen, der sozusagen nestartig verteilt in seinem Inneren etwas voneinander abweichende Stoffkonzentrationen enthält. An einigen wenigen Punkten, wo sein Ammoniak- oder der Methangehalt vielleicht am weitesten über dem Durchschnitt lag, mag sich dann im Rahmen der allgemeinen Aufheizung des heutigen Mirandakerns nach seiner Neuformierung am ehesten ein Phasenwechsel, z. B. von fest nach flüssig, vollzogen haben. Wie weit sich allerdings solche aktiven Zellen ausweiten können, um sich schließlich örtlich sogar bis an die Oberfläche durchzupausen, das wird von einer Vielzahl physikochemischer Parameter abhängen, die wir noch keineswegs voll zu überblicken vermögen. Erwähnt sei nur, daß es wichtig wäre zu wissen, welche an Phasenwechsel geknüpften, endothermen oder exothermen Reaktionen dabei unter den wahrscheinlichsten Druck- und Temperaturbedingungen im Inneren der Miranda noch eine wichtige Rolle gespielt haben könnten.

Ohne daß wir uns daher in den Details schon festzulegen vermögen, läßt sich über die Ursachen des spezifischen Werdegangs der Krustenmorphologie der Miranda doch schon folgendes verallgemeinernd herausstellen: Was auch immer ihre arealkonzentrierte Krustenverjüngung mobilisiert, bzw. was sie aus Energiemangel wieder zum Erliegen gebracht haben mag – die vorliegende Folge der Raumverteilung solcher Felder ist am ehesten als Zeugnis eines substanzuell inhomogenen Aufbaus des Satelliteninneren zu verstehen, und das wieder stünde in gutem Einklang mit der von Smith u. a. vertretenen

Konzeption, wonach die Miranda von heute in ihrer frühen Entwicklung ein mehrfach wiederholtes Zerstörungsschicksal durchlaufen haben sollte.

Nach der gleichen Theorie mit der überlieferten Krater-Größen-Häufigkeits-Beziehung auf Oberon als Bezugsbasis sollte nun die Kollisionsbeanspruchung von Satelliten, die noch näher als die Miranda den Uranus umkreisen, auch noch erheblich größer sein können als die des besprochenen Falles. Und tatsächlich – die zehn neuen Satelliten wie auch das Ringsystem scheinen gut in dieses Konzept zu passen! Nach Smith u. a. (1986) lassen sich alle zehn inneren Zwergmonde nämlich als zuletzt nicht mehr wiedervereinigungsfähig gewesene Restmaterie oder Trümmer eines Vorläufers von 1985 U 1, also des größten und relativ uranusfernten von ihnen, auffassen. Theoretisch wäre der kosmische Beschuß hier schon so intensiv anzusetzen, daß sich diese letzte Fragmentierung erst vor  $3,5 \cdot 10^9$  Jahren abgespielt zu haben brauchte.

Die den Uranus zur Zeit am nächsten als Epsilon-Ringbegleiter umkreisenden Zwergmonde mit den vorläufigen Bezeichnungen 1986 U 8 und 1986 U 7 sind mit ihren kaum 30 bis 50 km Durchmesser auch die kleinsten unter den erst 1986 entdeckten Uranusmonden. Sie brauchten nach der Theorie von Smith u. a. (1986) durch Fragmentierung größerer Ausgangskörper sogar erst vor  $0,5 \cdot 10^9$  Jahren entstanden zu sein. Diese „Aktualisierung“ von solchen Kollisionsvorgängen bei wachsender Uranusnähe, die zur Zerstörung des Zielkörpers führen können, wird umso verständlicher, wenn man sich klar macht, daß schon aus statistischen Gründen wegen des gravitativen Fokussierungseffektes des Planeten die gegenwärtige Kratererzeugungsrate auf dem kaum 50000 km vom Uranuszentrum kreisenden, innersten Zwergmond 1986 U 7 rund 100mal größer sein muß als die auf dem zwölfmal weiter entfernten Oberon. Und schließlich dürfen wir nicht vergessen, daß die Kratersituation auf Oberon, die wir als Maßstab der Kollisionsbeanspruchung der übrigen Uranussatelliten benutzt haben, nur Ergebnisse im Sinne einer statistisch ermittelten Mindestfragmentierung zu liefern vermag, denn der uns überlieferte Oberon muß ja keineswegs der „Ur-Oberon“ sein, sondern er könnte ebenfalls einen oder mehrere fragmentierte Vorläufer gehabt haben. Vielleicht ist es wirklich so, daß wir uns die kollisionsbedingten Umformierungsvorgänge in der Entstehungsphase der großen Satellitensysteme noch gar nicht intensiv genug vorstellen können.

Lit.: Brown, R. H. u. D. P. Cruikshank: Die Monde von Uranus, Neptun und Pluto. In: Spektrum der Wissenschaft, Sept. 1985, S. 74–84. – Guy J. Consolmagno: Resurfacing of Saturn's Satellites: Models of Partial Differentiation and Expansion. In: Icarus 64, 1985, New York, S. 401–413. – Möhlmann, D.: Origin and Early Evolution of the Planetary System. In: Earth, Moon and Planets, Vol. 33, 1985, Dordrecht, S. 201–214. – Reichstein, M.: Abstandsreihen und die Grenzen des Sonnensystems. In: AuR 23. (1985) 6, S. 122–126 und 132. – Ders.: Teilkomplettiertes Satellitensystem des Uranus. In: AuR 24 (1986) 5, S. 138–139. – Smith, B. A. u. a. (26 Autoren): Encounter with Saturn: Voyager 1 Imaging Science Results. In: Science Vol. 212, 1981, Washington, S. 163–191. – Smith, B. A. u. a. (40 Autoren): Voyager 2 in the Uranian System: Imaging Science Results. In: Science Vol. 233, 1986, Washington, S. 43–64.

\*

## Konferenz zur Fernerkundung der Erde und anderer Himmelskörper

Stand und Entwicklungstendenzen der Fernerkundung waren das Thema der 4. DDR-Konferenz, die vom 16. bis 19. Juni 1986 in Neubrandenburg stattfand.

130 Fachleute aus 35 wissenschaftlichen Einrichtungen, darunter aus der DDR, der UdSSR, CSSR, VR Polen, Ungarn, Österreich und der BRD diskutierten Probleme und Anwendungsmöglichkeiten der Erderkundung mit aerokosmischen Mitteln.

In über 65 Vorträgen wurden Erfahrungen der Grundlagenforschung und technologischen Entwicklung für die Nutzung der Fernerkundung bei der geologischen Erkundung der Umweltüberwachung, der landwirtschaftlichen Bestandserfassung, der Kartenherstellung sowie erstmals bei der Erforschung von Planeten und des Kometen Halley vermittelt.

Veranstalter waren die Gesellschaft für Raumforschung und Raumfahrt der DDR und die Arbeitsgruppe Naturwissenschaftliche Grundlagen der Geofernerkundung (AGNGF) bei der AdW der DDR.

In den Referaten der ausländischen Teilnehmer wurden spezifische Nutzungsbereiche in den jeweiligen Ländern vorgestellt. Beispielsweise berichtete Dr. Kálmán Tóth vom Institut für Geodäsie und Kartographie Budapest über die Vermessung, Klassifizierung und Kartierung der Schilfzone entlang des Balaton-Üfers. Als Ergebnis wurde eine Kartenserie des Balaton-Üfers im Maßstab 1:10000 erarbeitet. Sie stellt die Grenzen der Schilfkategorien dar und gibt Auskunft über Qualitäts- und Ernteprognosen des Schilfgürtels.

Kartographisch-photogrammetrische Probleme, geräte-technische Entwicklungen, Erkenntnisse der Datenvorverarbeitung sowie eine Posterdiskussion ergänzten die viertägige Beratung. Zur nächsten Konferenz in zwei Jahren sollen Fragen von Fernerkundung und Geoinformatik im Mittelpunkt des Interesses stehen.

Über Entwicklungsstand und Nutzung der Fernerkundung in der DDR sprach unser Mitarbeiter Uwe Schmeling mit dem Leiter des Methodisch-diagnostischen Zentrums für Fernerkundung am Zentralinstitut für Physik der Erde der AdW der DDR, Prof. Dr. sc. KARL-HEINZ MAREK aus Potsdam.

**AuR:** Vor zehn Jahren, im September 1976, wurde erstmals ein in der DDR hergestelltes Großgerät, die Multispektralkamera MKF-6, zur Erderferkundung aus dem Weltraum verwendet. Auf welcher Basis kam es zu diesem Weltraumeinsatz und was bedeutete er aus heutiger Sicht?

**M:** Der 1976 mit dem Kosmos-Experiment RADUGA begonnene und seitdem routinemäßig auf allen sowjetischen Weltraumstationen erfolgte Einsatz der MKF-6 sowie seiner Flugzeugvariante MSK-4 ist ein echtes Kind der engen Zusammenarbeit der sozialistischen Länder am gemeinsamen Programm INTERKOMOS zur friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraums.

Mit diesen Arbeiten, die vor allem von den Wissenschaftlern und Technikern der UdSSR und unserer Republik getragen wurden, konnte das Verfahren der Multispektralphotographie zu einem in der Welt bis heute unübertroffenen Niveau entwickelt werden, so daß es – angewendet auf Flugzeugen und aus dem Weltraum – heute in einer ganzen Reihe von Ländern als Standardverfahren zur Ressourcen-erkundung und zur Umweltkontrolle eingeführt ist und genutzt wird. Auch in unserer Republik bedeutete der Ersteinsatz der MKF-6 vor zehn Jahren den Start in die Entwicklung einer neuen, weltraumgestützten Technologie der Informationsgewinnung, die zur Lösung zahlreicher Aufgaben in solchen volkswirtschaftlich und wissenschaftlich wichtigen Bereichen wie Geologie und Bergbau, Kartographie, Umweltschutz, Landschafts- und Territorialentwicklung, Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Meereserkundung usw. beitragen kann.

**AuR:** Waren die so gewonnenen Aufnahmen in diesen Bereichen auch sofort in vollem Umfang verwertbar?

**M:** Die Deutung bzw. Interpretation solcher Aufnahmen und die volle Ausschöpfung ihres Informationsgehalts sind im allgemeinen recht komplizierte Vorgänge, denn in Analogie zu einem Sprichwort gilt hier besonders, daß man, „um den Wald zu erkennen, nicht vordergründig die einzelnen Bäume“ sehen darf. Trotz ihres oft ästhetischen und emotionsweckenden Anblicks können wir auch die farbigen Multispektralaufnahmen leider nicht wie ein Bild betrachten oder wie ein Buch lesen – für uns stellen sie zweidimensionale Speicher von Informationen über recht komplexe Erscheinungen und Sachverhalte an der Erdoberfläche dar. Das ist besonders einleuchtend bei anderen, nichtphotographischen Fernerkundungsverfahren, deren Ergebnisse als Magnetbandaufzeichnungen vorliegen.



Die grundlegenden Technologien zur Verarbeitung der multispektralen Fernerkundungsdaten mit Hilfe visueller und optischer Methoden wurden in unseren Forschungseinrichtungen im wesentlichen in der 2. Hälfte der 70er Jahre entwickelt. Gleichzeitig wurden in den potentiellen Anwenderbereichen mit dem Aufbau von Kadern und Labors weitere Voraussetzungen für eine praktische Nutzung dieser neuartigen Daten in Kombination mit den auf konventionelle Weise gesammelten Daten geschaffen.

**AuR:** Wie erfolgte in unserer Republik die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet?

**M:** Die technische und methodische Weiterentwicklung der Fernerkundungstechnologie hat in der vergangenen Fünfjahrplanperiode zahlreiche Bereiche unserer Gesellschaft in erheblicher Breite einbezogen. Dazu einige wenige Beispiele: Bei der Interflug wurde ein spezieller Produktionsbetrieb für Fernerkundung gebildet, der heute mit seinen Spezialflugzeugen auf vertraglicher Basis jeden Nutzerbereich unserer Republik mit Fernerkundungsdaten versorgt – auch mit MKF-6- bzw. MSK-4-Photos.

Die Kombinate Robotron und VEB Carl Zeiss JENA stellten spezielle Gerätesysteme zur Verarbeitung von Fernerkundungsdaten bereit, die auch als Exportgüter für die DDR ökonomisch wirksam geworden sind.

Zur Vorbereitung der entsprechenden Fachleute in den Anwenderbereichen werden seit einigen Jahren an unseren Hoch- und Fachschulen in etwa 15 Studienrichtungen Probleme der Fernerkundung gelehrt.

Bei den methodischen Forschungen lag der Schwerpunkt auf dem Gebiet der rechnergestützten, automatisierten Datenanalyse. In diese Periode fiel ebenfalls der erste gemeinsame UdSSR/DDR-Weltraumflug auf der Station Salut 6, der uns u. a. die Erprobung und Einführung eines weiteren Fernerkundungsverfahrens, die sog. visuell-instrumentelle Erd-erkundung, brachte und damit ebenfalls zur Gesamtentwicklung der Fernerkundung beitrug. In den letzten Jahren wurde dann mit dem Einsatz spektrometrischer Meßgeräte auf Salut 7 besonders die Erforschung des Weltozeans weiter vorangetrieben.

Schließlich wurden – und das ist letztendlich entscheidend – in allen o. g. Volkswirtschafts- und Wissenschaftsbereichen eigene praktische Erfahrungen mit der Weltraum-Fernerkundung gesammelt, die eine reale, naturwissenschaftlich begründete Bewertung und einen Vergleich mit den konventionellen Verfahren der Informationsgewinnung ermöglichten. Dennoch muß sehr deutlich betont werden, daß sich diese

Technologie insgesamt in aller Welt im wesentlichen noch immer in einer weitgehend experimentellen Phase befindet.

**AuR:** Die ökonomische Effektivität dieser Technologie ist prinzipiell einleuchtend. Können Sie noch einige Beispiele für ihre Anwendungsmöglichkeiten und ihren Wert in unserer Volkswirtschaft nennen?

**M:** Multispektralaufnahmen und andere Fernerkundungsprodukte wurden in der DDR in mehr als 20 Anwenderbereichen als aktuelle und genaue Ausgangsdaten für die unterschiedlichsten Kartierungen getestet, die bekanntlich für viele Bereiche unserer Gesellschaft dringend benötigte Überwachungs-, Kontroll-, Planungs- und Entscheidungsgrundlagen darstellen. Aus der Vielzahl der experimentellen Anwendungen von Weltraum- und Flugzeugaufnahmen möchte ich nennen

- die Erarbeitung und geologische Bewertung von Erkundungsgebieten zur Gewährleistung eines zielgerichteten und ökonomisch effektiven Einsatzes kostenintensiver Erkundungstechniken (Bohrtechnik, Seismik u. a.);
- die markscheiderische Überwachung von Abbauprozessen im Braunkohlentagebau;
- Standortbeurteilungen für die Melioration und die Pflanzenproduktion;
- Waldinventuren, Überwachung des Gesundheitszustandes der Wälder, Aktualisierung der Forstkarten;
- indirekte Umweltkontrolle von Waldmassiven, Oberflächengewässern und Bergbaufolgelandschaften;
- die Aktualisierung topographischer Karten;
- Ableitung von Flächennutzungskarten zur Führung des Planungskatasters, zur Erarbeitung von Generalbebauungs- und Gebietentwicklungsplänen und zur Standortplanung u. v. a. m. Die Fernerkundung stellt auf allen Gebieten ein Rationalisierungsmittel zur Gewinnung sehr vielfältiger und dringend benötigter Informationen dar. Der Wert von Informationen ist aber generell nicht ohne weiteres in Mark und Pfennig angebar, ...

**AuR:** ... so wie wir z. B. nicht in der Lage sind, im einzelnen den ökonomischen Wert für eine rechtzeitig erhaltene Wetterinformation anzugeben. Die ökonomische Bewertung von Informationen ist sicher auch international ein noch offenes Problem.

**M:** Ungeachtet dessen ist heute in westlichen Ländern eine extreme Kommerzialisierung der Weltraum-Fernerkundung festzustellen. Für die Kopie einer einzigen Aufnahme, die etwa das gleiche Territorium wie ein MKF-6-Photo um-

faßt, werden dort einige Hundert US-Dollar verlangt, die umfangreichen Kosten für Auswertung und kartographische Umsetzung nicht mitgerechnet.

**AuR:** Wir erhalten die Flugzeug-Fernerkundungsdaten vom bereits erwähnten Betrieb Fernerkundung, Industrie- und Forschungsflug der Interflug. Wie erfolgt der Bezug von Welt-raumdaten?

**M:** Durch die Beteiligung an den gemeinsamen wissenschaftlichen Experimenten im Rahmen des Interkosmos-Programms war unseren Anwenderbereichen ein kostenloser Bezug der von den sowjetischen Raumflugkörpern gewonnenen Aufnahmen möglich. Mit diesen Aufnahmen ist unser Staatsterritorium seit mehreren Jahren vollständig abgedeckt. Für viele Zwecke werden jedoch aktuelle Aufnahmen benötigt. Sie werden von den bemannten und unbemannten sowjetischen Raumflugkörpern angefertigt und stehen unseren Anwenderbereichen auf der Grundlage spezieller, auf Regierungsebene abgeschlossener Vereinbarungen für ihre Arbeit zur Verfügung. Damit kann das gewaltige Kosmospotential der UdSSR auf vorteilhafte Weise auch für unsere Wissenschaft und Volkswirtschaft erschlossen werden.

**AuR:** Die Realisierung des Interkosmos-Programms zeigt, wie in enger internationaler Zusammenarbeit bereits heute die Weltraumforschung dem Wohle aller Völker dienen kann. Die militärische Nutzung der Erkenntnisse und Möglichkeiten der Weltraumforschung durch die USA bringt jedoch neue Gefahren für die Menschheit und deren Fortbestand. Wie bewerten Sie diese Bestrebungen zur Militarisierung des Weltraums und die Möglichkeiten einer militärischen Anwendung der Fernerkundungstechnologie?

**M:** Die Fernerkundung bietet wie kaum ein anderes Gebiet Möglichkeiten, zur Bewältigung von fundamentalen Problemen der Menschheit beizutragen, wie z. B. zur Ernährungssicherung, Katastrophenverhütung, Rohstofferkundung u. a.

Dafür muß nur eine Voraussetzung erfüllt sein: Die Erhaltung des Status des Weltraumes als ein allen Völkern gehörendes, von Waffen jeglicher Art freizuhaltenes Gebiet – so wie es die sozialistischen Länder immer wieder gefordert haben. In den USA ist jedoch gegenwärtig ein Prozeß im Gange, der uns deutlich zeigt, daß Wissenschaft und Technik auch zum Nachteil der Gesellschaft, zur Durchsetzung eines Strebens nach Überlegenheit, angewendet werden können. Der Weltraum wird dort zunehmend

als Hauptschauplatz künftiger kriegerischer Auseinandersetzungen betrachtet, durch die – erstmalig in der Geschichte! – selbst die Existenz der gesamten Menschheit aufs Spiel gesetzt wird. Dabei ist es natürlich bezeichnend, daß trotz der unbestrittenen Pionierrolle der UdSSR in Raumfahrt und Weltraumerschließung die militärisch genutzten Satelliten immer zuerst von den USA eingesetzt wurden. An Bord der Space Shuttle wurden ja schon einige Komponenten des wahnsinnigen SDI-Konzepts getestet. In dieser Strategie spielt der Mißbrauch der Erdfernerkundung durch militärische Aufklärungssatelliten für die Spionage, die Frühwarnung und die Raketensteuerung eine besondere Rolle.

Die militärische Nutzung des Weltraumes durch die USA und der militärische Mißbrauch der Erdfernerkundung sind in ihrem Charakter in höchstem Maße wissenschaftsfeindlich und inhuman, sie stellen eine Vergeudung riesiger materieller Werte und geistiger Potentiale dar. Weil wir wegen der anstehenden Ressourcen- und Umweltprobleme die Fernerkundung unbedingt weiter betreiben und den Frieden erhalten müssen, sehe ich in den realistischen Abrüstungsvorschlägen der UdSSR eine echte Hoffnung für einen Weltraum ohne Waffen und eine Erde ohne Atomtod. Man muß natürlich andererseits berücksichtigen, daß die Fernerkundung im Rahmen der international vereinbarten gegenseitigen Rüstungskontrollaufgaben auch einen wichtigen Beitrag zur internationalen Sicherheit und Vertrauensbildung und damit zur Friedenssicherung leisten kann. Es kommt also auch hier darauf an, mit welcher Zielstellung die Technologie der Fernerkundung betrieben wird.

**AuR:** Wir danken für dieses Gespräch.

## Im August Jugendlager in Drebach

Die neuerbaute Jugend- und Feriensternwarte des Kulturbundes der DDR in Drebach führt im Auftrage der Zentralen Kommission Astronomie und Raumfahrt in der Zeit vom 3. bis 10. August 1987 ein **Jugendlager für Anfänger und wenig Fortgeschrittene** in amateurastronomischer Arbeit durch. Interessierte Jugendliche im Alter zwischen 15 und 20 Jahren melden sich bis spätestens 10. Juli 1987 bei der Leitung der Sternwarte an. Anschrift: Volkssternwarte, Drebach, 9362.

KARLHEINZ MÜLLER

# Das Fernrohr des Sternfreundes

## Grundlagen, Leistungen, Abbildungsfehler

HERBERT SCHOLZE

Mit diesem Beitrag beginnen wir eine einjährige Folge unter gleichem Thema.

Wer sich als Sternfreund mit den spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Fernrohrtypen, die vom Amateur genutzt werden, auseinandersetzen will, muß sich vorher Klarheit über bestimmte allgemeingültige Grundlagen, über die Leistungsgrenzen des Instrumentes und die optischen Abbildungsfehler der Bauelemente verschaffen. Erst so wird es ihm möglich werden, Wertungen innerhalb der Vielfalt der einzelnen Fernrohrkonstruktionen vorzunehmen und richtige Schlüsse für Bau, Kauf und Nutzung zu ziehen. Darüber zu informieren ist Zweck dieser Einführung. – Die Red.

### 1. Grundlagen

Die im Physik- und Astronomieunterricht der Oberschule zu erwerbenden Grundkenntnisse über Wirkungsweise des Fernrohrs und Unterscheidung zwischen Linsenfernrohr und Spiegelteleskop seien vorausgesetzt. Es sollen hier nur Aufgaben, Formelzeichen und Formeln wiederholend dargestellt und ergänzend Bemerkungen zu „Pupillen“ und „Sehfeld“ gemacht werden.

#### 1.1. Aufgaben des Fernrohrs

Fernrohre haben grundsätzlich zwei Aufgaben:

- Einen gegenüber dem bloßen Auge bedeutend größeren Anteil des vom Objekt ausgehenden Lichtstromes aufzufangen, zu konzentrieren und dem Auge des Beobachters oder einem anderen „Empfänger“ zuzuführen.
- Den Winkel, unter dem ein weit entferntes Objekt erscheint, zu vergrößern und damit Einzelheiten sichtbar zu machen, die für das unbewaffnete Auge nicht erkennbar sind.

#### 1.2. Wichtige Begriffe und Formelzeichen

|                   |   |
|-------------------|---|
| $f'_{ob}$         | bildseitige Brennweite des Objektivs                    |
| $f'_{ok}$         | bildseitige Brennweite des Okulars                      |
| $F'_{ob}$         | bildseitiger Brennpunkt des Objektivs                   |
| $F_{ok}$          | objektseitiger Brennpunkt des Okulars                   |
| $D$               | freier Durchmesser des Objektivs                        |
| $EP$              | Eintrittspupille  |
| $AP$              | Austrittspupille  |
| $D_{Au}$          | Durchmesser der Augenpupille                            |
| $\Gamma$          | Vergrößerung des Fernrohrs                              |
| $\sigma, \sigma'$ | objekt- bzw. bildseitiger Neigungswinkel eines Strahles |
| $2\sigma_s$       | objektseitiger Sehfeldwinkel des Fernrohrs              |
| $2\sigma'_s$      | Sehfeldwinkel des Okulars                               |
| $k$               | Öffnungszahl  |
| $\frac{1}{k}$     | relative Öffnung  |

Weitere hier nicht aufgeführte Begriffe und Formelzeichen sowie Formeln sind an den jeweiligen Textstellen erläutert.

#### 1.3. Die wichtigsten Formeln

$$\Gamma = \frac{\tan \sigma'}{\tan \sigma} = \frac{f'_{ob}}{f'_{ok}} = \frac{\text{Durchmesser der EP}}{\text{Durchmesser der AP}} \quad (1)$$

$$\tan \sigma_s = \frac{\tan \sigma'_s}{\Gamma} \quad (2)$$

#### 1.4. Bemerkungen zu „Pupillen“

Ein wichtiges Kriterium für dielichtsammelnde Wirkung eines Fernrohrs ist der Durchmesser der Eintrittspupille. Er ist im Normalfall gleich dem freien des Objektivs bzw. bei „Schmidt-“ und „Meniken“-Teleskopen gleich dem Durchmesser der Korrektionsplatte oder der Meniskuslinse. Ebenso wichtig für die Charakterisierung eines Fernrohrs ist der Durchmesser der Austrittspupille. Diese ist normalerweise das vom Okular entworfene Bild der Eintrittspupille. Wenn das Fernrohr gegen eine helle Fläche gerichtet ist und aus deutlicher Sehweite gegen das Okular geblickt wird, so schwebt dieses Bild als kleines, helles Scheibchen vor dem Okulareinblick. Es liegt stets in der Nähe des bildseitigen Brennpunktes des Okulars und ist auf einer Mattscheibe oder einem Stück Transparentpapier auffangbar. Der Durchmesser ist mit einer Meßlupe oder ähnlichem meßbar. Bemerkenswert ist noch, daß in der Austrittspupille alle durch die Eintrittspupille in das Instrument einfallenden Strahlenbündel der axialen und der außersaxialen Objektpunkte konzentriert sind. Daraus leitet sich ab, daß bei der Beobachtung die Augenpupille möglichst an den Ort der Austrittspupille gebracht werden sollte. Der Durchmesser der Augenpupille sollte auch größer sein als der Durchmesser der Austrittspupille. Ist dies nicht der Fall, so wird durch die Augenpupille die Austrittspupille des Fernrohrs beschnitten, damit gelangt ein Teil der ins Instrument einfallenden Lichtstrahlen nicht ins Auge sondern beleuchtet die Iris und ruft u. U. im Auge störendes Streulicht hervor.<sup>1)</sup>

#### 1.5. Sehfeldwinkel

Während die Größen der „Pupillen“ nur die Helligkeitsverhältnisse beeinflussen, wird der Winkel des überschaubaren Objektfeldes, der objektseitige Sehfeldwinkel des Fernrohrs, durch die Größe der Sehfeldblende bzw. durch den Sehfeldwinkel des jeweils verwendeten Okulars und die Vergrößerung bestimmt. Die von der Bauart des Okulars abhängige Größe des Sehfeldwinkels  $\sigma'_s$  beträgt bei den üblichen



Okularen 30° bis 50°, er kann jedoch für ausgesprochene Weitwinkelokulare auch 70° und teilweise darüber betragen.

Die Größe des häufig interessierenden objektseitigen Sehfeldes läßt sich damit überschlägig nach Gl. (2) bestimmen.

## 2. Die Leistungen des Fernrohres bei visuellem Gebrauch

Bei der Beurteilung der Leistung muß Klarheit darüber bestehen, daß bei der visuellen Beobachtung Teleskop und Auge des Beobachters ein System darstellen, dessen Komponenten nicht voneinander losgelöst bewertet werden können. Die geometrisch-optischen Verhältnisse des Instrumentes unter den Bedingungen der wellenförmigen Ausbreitung des Lichtes, die physiologischen Eigenheiten des Auges, ja sogar psychologische Effekte der Wahrnehmung sind bei der Beobachtung miteinander verknüpft und stehen in enger Wechselbeziehung. Eine Nichtbeachtung der dadurch vorhandenen Bedingungen führt zu Leistungsverlusten.

### 2.1. Helligkeitsverhältnisse

#### *Helligkeit flächenhafter Objekte, Normalvergrößerung*

Für den Helligkeitseindruck, den das Fernrohrbild eines flächenhaften Objektes hinterläßt, ist u. a. die durch das Fernrohr erzeugte Beleuchtungsstärke  $E$  auf der Netzhaut maßgebend. Diese ist fernrohrseitig abhängig vom Durchmesser der Austrittspupille, sofern von Lichtverlusten im Instrument abgesehen werden kann. Die Beleuchtungsstärke  $E_0$ , die vom gleichen Objekt bei Betrachtung mit bloßem Auge auf der Netzhaut anliegt, ist dagegen vom Durchmesser der Augenpupille bestimmt. Zwischen beiden Beleuchtungsstärken besteht die Beziehung

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\text{Durchmesser der } AP^2}{D_{Au}^2} \quad (3)$$

sofern der Durchmesser der Austrittspupille nicht größer als derjenige der Augenpupille ist, also die Forderung erfüllt ist

$$\text{Durchmesser der } AP \leq D_{Au} \quad (4)$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt: Das größte und lichtstärkste Fernrohr kann bei flächenhaften Objekten dies niemals heller zeigen als das unbewaffnete Auge!

Der Fall maximaler Helligkeit, die gleich der Helligkeit bei Betrachtung mit bloßem Auge ist, tritt ein, wenn der Durchmesser der Aus-

trittspupille gleich dem Durchmesser der Augenpupille ist. Dazu ist die Wahl einer Vergrößerung  $\Gamma_N$  notwendig

$$\Gamma_N = \frac{\text{Durchmesser } EP}{D_{Au}} \quad (5)$$

Diese meist als „Normalvergrößerung“ bezeichnete Vergrößerung  $\Gamma_N$  ist streng genommen – je nach Augenpupillendurchmesser – von Mensch zu Mensch verschieden. Dieser ist bekanntlich stark vom Alter und von der Umfeldhelligkeit abhängig. Im Alter von 40 Jahren beträgt er im Durchschnitt nachts 6 mm. [1] Deshalb ist in der Literatur als Überschlagswert für die Normalvergrößerung  $\Gamma_N$  häufig angegeben.

$$\Gamma_N \approx \frac{\text{Durchmesser } EP}{6 \text{ mm}} \quad (6)$$

Trotz der Tatsache, daß kein Fernrohr die Flächenhelligkeit gegenüber der Beobachtung mit bloßem Auge zu steigern vermag, ist es durchaus sinnvoll, flächenhafte Objekte wie Nebel, Kometen u. ä. durch ein Fernrohr zu betrachten. Hier kommt uns ein physiologischer Effekt zugute. Die Wahrnehmbarkeit ist nicht nur von der Bildhelligkeit, sondern in erheblichem Maße auch von der Bildgröße, d. h. der Vergrößerung und dem Kontrast abhängig. Wobei letzterer definiert ist durch

$$K = \frac{U - U_0}{U_0} \quad (7)$$

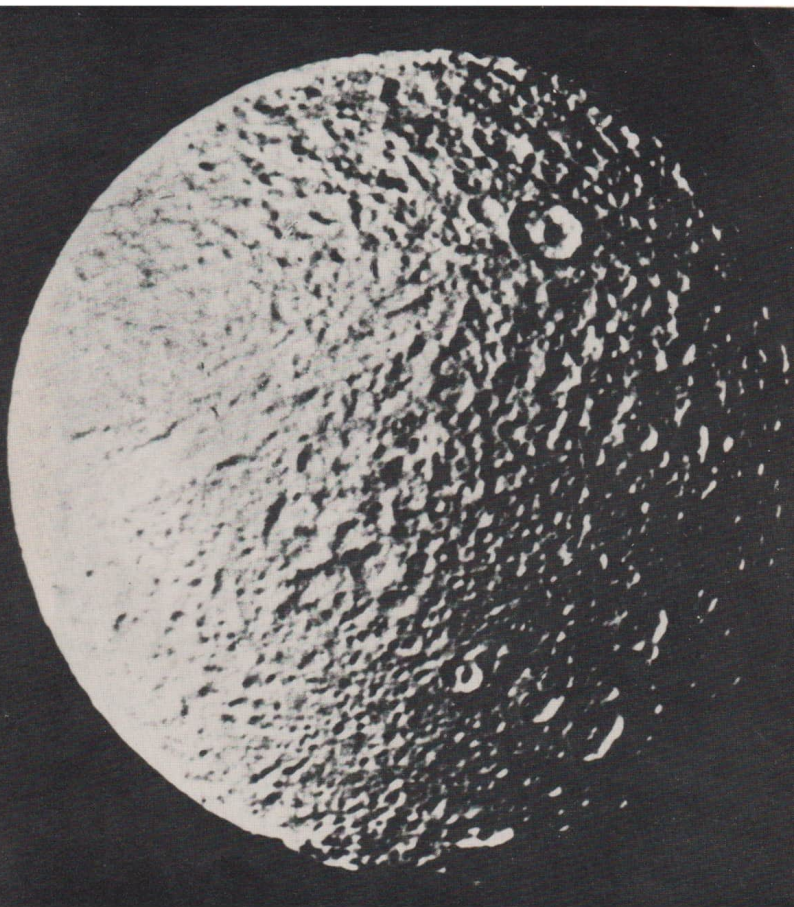
In dieser Gleichung bedeutet  $U$  = Leuchtdichte des Beobachtungs-Objektes,  $U_0$  = Leuchtdichte des Umfeldes.

All diese Einflußfaktoren führen aber letztlich dazu, daß die optimale Wahrnehmbarkeit schwacher flächenhafter Objekte nicht durch die Anwendung der Normalvergrößerung  $\Gamma_N$  garantiert wird, sondern daß die Verwendung etwas stärkerer Vergrößerungen durchaus – von Fall zu Fall unterschiedlich – günstigere Ergebnisse bringen kann; jeder praktische Beobachter weiß dies aus eigener Erfahrung.

#### *Helligkeit punktförmiger Objekte*

Der Helligkeitseindruck, den das Fernrohrbild eines punktförmigen oder annähernd punktförmigen Objektes hinterläßt, ist fernrohrseitig abhängig vom Durchmesser der Eintrittspupille bzw. dem Durchmesser des Objektivs, von Lichtverlusten im Fernrohr sowie dem von der Vergrößerung abhängigen Kontrast zum Umfeld. Die Helligkeit des Umfeldes gehorcht der Gl. (3), da das Umfeld gewissermaßen als flächenhaftes Objekt aufgefaßt werden kann. Die

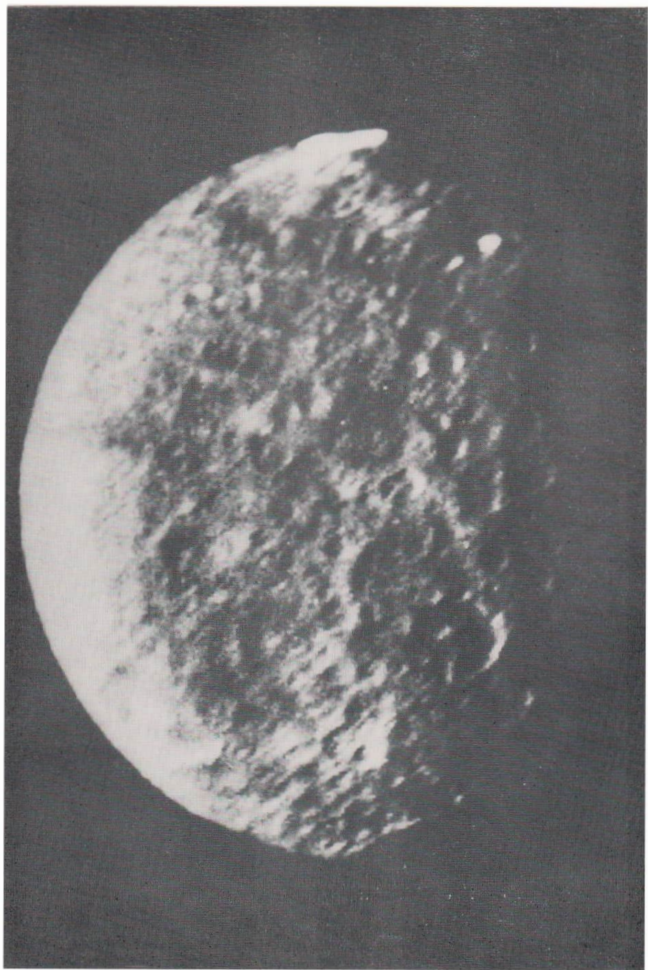




**Zum Beitrag S. 5 von M. Reichstein:**

**Uranussatelliten – Reste eines massereichen Systems**

**Bild-S. I:** Die zum Vergleich herangezogene Aufnahme des Saturnsatelliten Tethys läßt auf seiner unterschiedlich dicht mit Einschlagkratern besetzten Oberfläche nur ein einziges größeres Furchensystem erkennen, was die Bezeichnung Ithaka-Chasma erhielt. (Voyager 2-Aufn. 1981)

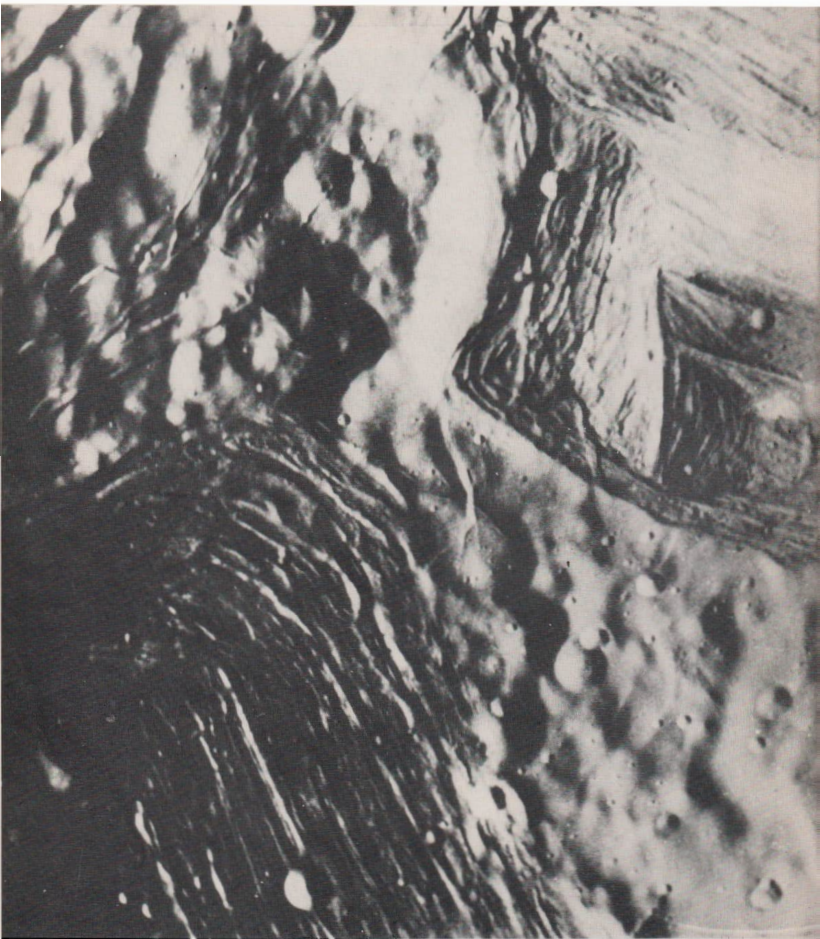




**Bild-S. II:** Von der relativ monotonen Altkraterlandschaft des dunklen Uranussateelliten Umbriel waren nur die größeren Einschlagstrukturen von etwa 20 bis 200 km Durchmessern zu erkennen.

**Bild-S. III:** Einzelheiten bis 3 km Durchmesser ließen sich auf den besten Aufnahmen des Ariel ausmachen. Wie kein anderer Uranussatellit wurde die Oberfläche dieses Mondes von einem weitspannigen und dichten Netzwerk großer Gräben überzogen. (Voyager 2-Aufn. 1986 d. BS II–IV)





**Bild-S. IV:** Diese ausgezeichnete Nahaufnahme der Mirandaoberfläche erfasst ein ca. 40 000 km<sup>2</sup> großes Oberflächenareal rund 30° bis 60° vom Südpol entfernt. Mit relativ scharfen Grenzen heben sich die furchenreichen verjüngten Krustenfelder von der Altkraterlandschaft ab.



Helligkeit  $H$  des punktförmigen Objektes im Auge läßt sich durch die Beziehung ermitteln

$$\frac{H}{H_0} = \frac{\text{Durchmesser } EP^2}{D_{Au}^2} \quad (8)$$

Den Sternfreund interessiert häufig die Helligkeit der eben noch mit seinem Instrument erkennbaren schwächsten Sterne, die sog. Grenzgröße  $m_G$ . Bei ihrer Festlegung spielt neben der selbst bei guter Dunkeladaptation (mindestens 30 Minuten) von Mensch zu Mensch stark unterschiedlichen Empfindlichkeit der Netzhaut auch die Art des Sehens eine besondere Rolle.<sup>2)</sup>

Überschlagsmäßig läßt sich die Grenzgröße  $m_G$  aus der empirisch ermittelten Gleichung

$$m_G = 2,4 + 5 \lg D \quad (9)$$

ableiten. Sie gilt für die Spiegelteleskope bei  $I \approx 0,6 D$ . Die Werte für  $D$  sind in mm einzusetzen. [2] Für Linsenfernrohre ist – durch fehlende Fangspiegelabschattung und kleinere Reflexionsverluste bedingt – mit einer Verbesserung der nach (9) ermittelten Grenzgröße von ca. 0,1<sup>m</sup>...0,2<sup>m</sup> zu rechnen. Inwieweit  $m_G$  auch durch individuelle Unterschiede des Beobachters und die Art des Sehens beeinflusst werden kann, zeigt eine kürzlich durchgeführte Testreihe für die Grenzgröße des unbewaffneten Auges. [3] Mit äußerster Anstrengung waren im Mittel noch Sterne von 6,2<sup>m</sup> (mit Grenzwerten von 5,9<sup>m</sup> bis 6,6<sup>m</sup>) und ohne Anstrengung von 4,35<sup>m</sup> (mit Grenzwerten von 3,8<sup>m</sup> bis 4,8<sup>m</sup>) unter besten Bedingungen erkennbar.

## 2.2. Die Beugung

Die zweite Aufgabe des Fernrohres, Einzelheiten sichtbar zu machen, die dem unbewaffneten Auge verborgen bleiben, wird durch die Beugung des Lichtes wesentlich beeinflusst. Das Wesen der Beugung ist in der wellenförmigen Ausbreitung des Lichtes begründet und in jedem guten Physiklehrbuch erklärt. Uns soll hier die Auswirkung der Beugung auf die Leistungsfähigkeit der Fernrohre beschäftigen. Wichtig für den Sternfreund ist es zu wissen, daß auch bei einem völlig fehlerfreien, exakt fokussierten Fernrohr unter besten Luftverhältnissen ein praktisch dimensionsloser Objektpunkt (z. B. ein Stern) nicht als ebensolcher Bildpunkt, sondern als kleines Beugungsscheibchen, umgeben von Beugungsringen abgebildet wird. Diese nehmen in ihrer Helligkeit von innen nach außen schnell ab. Abmessungen und Intensitätsverteilung für das Beugungsbild sind für eine Wellenlänge von 550 nm und für  $D = 100$  mm in Abb. 1 dargestellt. In diesem Fall erhält das zentrale Beugungsscheibchen einen Radius von 1,38'' und 83,9 % der Gesamtlicht-

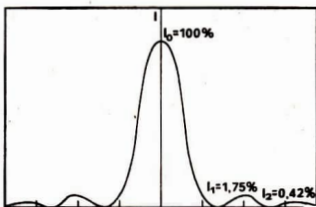


Abb. 1: Abmessung und Intensitätsverteilung im Beugungsbild eines punktförmigen Objektes bei kreisförmiger Eintrittspupille (für  $\lambda = 550$  nm und  $D = 100$  mm).

menge der Beugungsfigur, der hellste erste Ring mit einem Außenradius von 2,53'' jedoch nur 7,1 %, die sich zudem noch auf eine gegenüber dem Scheibchen wesentlich größere Fläche verteilen. Es ergibt sich für die hellste Zone des ersten Beugungsringes, die bei einem Radius von 1,84'' liegt nur eine Intensität von 1,75 % der Zentralintensität des Scheibchens. Unter diesen Verhältnissen ist klar, daß der erste Ring und die noch schwächeren folgenden Ringe nur unter günstigen Umständen und bei ruhiger Luft beobachtbar sind [4], [5], [6].

Die Größe der Beugungsfigur verhält sich umgekehrt proportional zum Durchmesser  $D$ , so daß sich die angegebenen Werte leicht für jeden Durchmesser umrechnen lassen. Die Verteilung der Lichtmenge und der Intensitäten bleiben jedoch für alle Durchmesser  $D$  gleich. Die dargestellte Beugungsfigur ist charakteristisch für kreisförmige Eintrittspupillen, wie sie bei Linsenfernrohren vorliegen. Sie wird erheblich verändert durch Defokussierung und nicht genügend auskorrigierte Linsenfehler, sowie bei Spiegelfernrohren infolge der dort häufig auftretenden Abschattung durch Fangspiegel und dessen Halterung. Generell wird dadurch die Intensität des Beugungsscheibchens geschwächt und die der Ringe verstärkt, so daß der Kontrast absinkt und Auflösungsvermögen und Definition vermindert werden. Der Winkel  $\varphi_0$ , unter dem der Radius des Beugungsscheibchens von der Objektmitte aus erscheint, ist ein Anhaltspunkt für die Definition und das Auflösungsvermögen eines Fernrohres.

## 2.3. Das Auflösungsvermögen

Unter Auflösungsvermögen wird die Trennung eng benachbarter punkt- oder linienförmiger Strukturen verstanden. Trotz vieler theore-

tischer Überlegungen und Annahmen können Werte für die Auflösung nur aus praktischen Versuchen gewonnen werden. Für die Grenze der Wahrnehmung der Trennung zweier sich teilweise überdeckender Beugungsscheibchen spielen physiologische Fragen der Netzhautstruktur und der Erkennbarkeit von Kontrastverhältnissen unter differenzierten Helligkeiten eine ausschlaggebende Rolle. Jede Angabe des Auflösungsvermögens ist deshalb an zusätzliche Bedingungen gebunden und nur unter gleichen oder sehr ähnlichen Bedingungen gültig.

Für Doppelsterne mit gleichhellen Komponenten der Größe 6<sup>m</sup> fand W. R. Dawes aus Beobachtungen mit kleinen Fernrohren das Auflösungsvermögen (Dawes-Grenze)<sup>3)</sup>

$$\sigma_A \approx \frac{4,56''}{D(\text{Zoll})} \approx \frac{120''}{D(\text{mm})} \quad (10)$$

T. Lewis entwickelte auf der Basis einer Entdeckungstatistik der Doppelsterne, die mit Fernrohren von 4 bis 36 Zoll Objektdurchmesser gewonnen wurde, auch für schwächere und ungleich helle Paare geltende Beziehungen [8]:

Gleichhelle Komponenten 9<sup>m</sup>

$$\sigma_{A1} \approx \frac{215''}{D(\text{mm})} \quad (11)$$

Ungleich helle Komponenten 6<sup>m</sup> und 9,5<sup>m</sup>

$$\sigma_{A2} \approx \frac{420''}{D(\text{mm})} \quad (12)$$

Sehr ungl. helle Komponenten 5<sup>m</sup> u. 10<sup>m</sup>

$$\sigma_{A3} \approx \frac{915''}{D(\text{mm})} \quad (13)$$

Bei der Auflösung paralleler schwarzer Linien auf hellem Grund erhielt man [10]

$$\sigma_{A4} \approx \frac{130'' - 160''}{D(\text{mm})} \quad (14)$$

#### 2.4. Förderliche und maximale Vergrößerung

Aus Gl. (10) läßt sich ableiten, welche Vergrößerung notwendig ist, um das praktische Auflösungsvermögen des Fernrohres voll auszuschöpfen. Das unbewaffnete Auge hat bei punktförmigen Objekten und angestrengtestem Sehen ein Auflösungsvermögen von 60'', zum bequemen Sehen kann man jedoch mit 120'' rechnen. Damit ist zur Erkennung aller vom Fernrohrobjektiv aufgelöster Details eine Vergrößerung notwendig von

$$\Gamma_f = D(\text{mm}). \quad (15)$$

Diese Vergrößerung wird als „förderliche“ Vergrößerung bezeichnet und sie ist gleich dem Objektdurchmesser in mm. Eine über  $\Gamma_f$  hinausgehende Vergrößerung ist eine sog. „leere“ Vergrößerung, weil sie nicht zu höherer Informationsausbeute führt. Trotzdem wird für Meßzwecke oder bei Beobachtung von Doppelsternen teilweise eine Vergrößerung von

$$\Gamma_{\max} = 2 \Gamma_f \quad (16)$$

angewandt. Diese Maximalvergrößerung kann unter bestimmten Bedingungen Vorteile bieten. Nach Gl. (15) beträgt bei  $\Gamma_f$  der Durchmesser der AP = 1 mm, analog bei  $\Gamma_{\max}$  jedoch nur noch 0,5 mm. Bei Anwendung dieser letzteren ist bereits das Auflösungsvermögen des Auges erheblich reduziert (auf ca. 170'') [9] und die Gefahr, daß lokale Glaskörper- und Linsen-trübungen des Auges zu Mißdeutungen des Bildes führen, gegeben. Außerdem haben die für  $\Gamma_{\max}$  anzuwendenden kurzbreitenweitigen Okulare einen so geringen Abstand der AP zur Augenlinse des Okulars, daß die Beobachtung recht unbequem werden kann. Aus diesem Grund sollte man nicht leichtfertig über  $\Gamma_f$  hinausgehen.

#### 2.5. Die Definition

Unter Definition sei das Erkennen des Vorhandenseins kleinster Bilddetails verstanden, ohne daß damit bereits Aussagen über die Geometrie dieser Details gemacht werden können. Sie ist in ähnlicher Weise wie die Auflösung von der Beugung abhängig. Auch die Kontrastverhältnisse und die Form spielt eine ähnliche Rolle. Selbst der Aufbau der Netzhaut des Auges ist z. B. dafür verantwortlich, daß die Wahrnehmung linienförmiger Gebilde völlig anderen Bedingungen unterliegt als die punktförmiger Objekte. Nach [10] wurden z. B. folgende Richtwerte für die Erkennbarkeit ermittelt:

– schwarzer Punkt auf weißem Grund

$$\sigma_{E1} \approx \frac{40'' \text{ bis } 50''}{D(\text{mm})} \quad (17)$$

– schwarze Linie auf hellem Grund

$$\sigma_{E2} \approx \frac{8'' \text{ bis } 30''}{D(\text{mm})} \quad (18)$$

#### 3. Die Abbildungsfehler von Objektiv und Okular

Leider wird die Auflösung und die Definition eines Fernrohres nicht nur durch die Beugung negativ beeinflusst. In nicht geringerem Maße sind an der Begrenzung dieser Leistungspara-

meter auch die jedem abbildenden System, also auch die dem Objektiv und Okular anhaftenden Abbildungsfehler beteiligt. Diese durch geeignete Bemessung und Kombination von Einzel-linsen und -spiegeln auf ein erträgliches Maß einzuschränken ist Aufgabe des Optikrechners. Die für das Fernrohr wichtigsten Bildfehler seien nachfolgend kurz erläutert. Ein Teil dieser Bildfehler (3.1. bis 3.6.) ist auch bei einfarbigem Licht wirksam (monochromatische Fehler), ein anderer Teil nur bei farbigem Licht (chromatische Fehler). Letztere treten an Spiegeln und Spiegelsystemen nicht auf.

### 3.1. Öffnungsfehler oder sphärische Aberration

Die Schnittweite, d. h. der Abstand vom Scheitel einer Linse oder eines Spiegels bis zum Schnittpunkt eines Strahles mit der optischen Achse, ist je nach Einfallshöhe  $h$  des Strahles unterschiedlich (Abb. 2). Bei sammelnden Einzel-linsen ist die Schnittweite der Randstrahlen kürzer als die der Mitten- oder paraxialen Strahlen. Man spricht in diesem Fall von Unterkorrektur des Öffnungsfehlers. Durch den Öffnungsfehler tritt eine erhebliche Intensitäts- und Größenverschiebung im Beugungsbild auf, wodurch die Abbildungsleistung erheblich geschmälert wird. Eine vollständige Korrektur der sphärischen Aberration ist allgemein nur durch Anwendung asphärischer Flächen erreichbar. In der Praxis gibt sich der Optik-Rechner mit einer weitgehenden Reduzierung des Öffnungsfehlers zufrieden, wobei für bestimmte Einfallshöhen (Zonen) noch Fehlerreste (Zonenfehler) übrigbleiben (Abb. 3).

### 3.2. Die Koma (Asymmetriefehler)

Dieser Fehler betrifft, im Gegensatz zum Öffnungsfehler, nur schräg einfallende Strahlenbündel. Die in einer achsensenkrechten Bildebene entstehende Zerstreuungsfigur eines außer-axialen Objektpunktes erhält das Aussehen eines „kometenartigen“ Fleckes, der an einer Seite unscharf begrenzt ist. Die Größe der Koma ist nicht nur von den Radien und Brechungs-

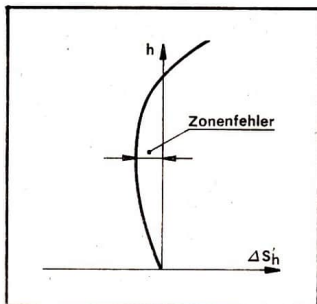


Abb. 3: Fehlerkurve eines auf Öffnungsfehler korrigierten Linsensystems.

indizes sowie der Öffnung des optischen Systems, sondern auch von der Blendenlage abhängig.

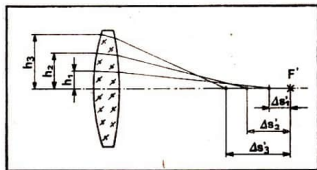
### 3.3. Der Astigmatismus

Dieser in seinen Ursachen für einen Nicht-Optiker schwer zu beschreibende Fehler wirkt sich dahingehend aus, daß beispielsweise bei Abbildung eines Kreuzes die beiden Arme nicht gleichzeitig scharf abgebildet werden. Beide Bilddetails, das in der Ebene der Linsenachse und des Einfallslotes liegende „meridionale“ und das in Richtung senkrecht dazu liegende „sagittale“ liegen auf gekrümmten unterschiedlichen Bildschalen (gekrümmten Bildebenen). Der Abstand zwischen meridionaler und sagittaler Bildschale für zwei zusammengehörige Bildpunkte ist die sog. astigmatische Differenz (Abb. 4). Auch für den Astigmatismus ist neben den Linsendaten die Blendenstellung von ganz entscheidender Bedeutung. Linsensysteme und Spiegelanordnungen, die praktisch auf Astigmatismus korrigiert sind, nennt man „anastigmatisch“. Dies gilt schon dann als gegeben, wenn beide Bildschalen sich in der Nähe des größten geforderten Bildwinkels schneiden, auch wenn für andere Bildwinkel noch „Zonenfehler“ verbleiben.

### 3.4. Die Bildfeldwölbung

Wenn auch bei Korrektur des Astigmatismus die beiden Bildschalen annähernd zusammenfallen und damit ein flächenhaftes Objekt innerhalb eines bestimmten Bildwinkels scharf abgebildet werden kann, so liegen die Bildpunkte dennoch meist auf einer Bildschale. Die Ab-

Abb. 2: Öffnungsfehler einer Sammellinse.



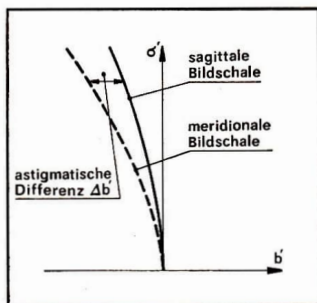


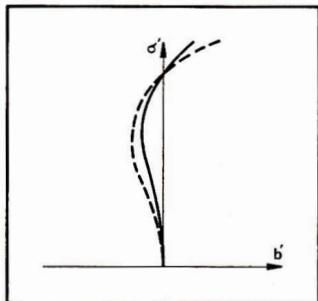
Abb. 4: Fehlerkurve des Astigmatismus.

weichung von der Auffangebene bezeichnet man als Bildfeldwölbung. Sie wirkt sich als von der Mitte aus zunehmende Unschärfe aus. Eine wichtige mathematische Bedingung für die Ebnung des gewölbten Bildfeldes bei bereits korrigiertem Astigmatismus wird nach dem österreichischen Optiker J. Petzval als „Petzval-Summe“ bezeichnet und dient zur Berechnung optischer Systeme mit geebnetem Bildfeld. Die Fehlerkurve eines auf Astigmatismus und Bildfeldwölbung korrigierten Systems ist in Abb. 5 dargestellt.

### 3.5. Die Verzeichnung

Dieser Fehler betrifft die Abweichung von der geometrischen Ähnlichkeit zwischen Objekt

Abb. 5: Fehlerkurve eines auf Astigmatismus und Bildfeldwölbung korrigierten Systems.



und Bild. Er tritt auf, wenn sich die Brennweite in Abhängigkeit vom Bildwinkel ändert. Als Effekt wird in einem derartigen Fall ein quadratisches Objekt tonnenförmig (negative Verzeichnung) oder kissenförmig (positive Verzeichnung) abgebildet.

### 3.6. Die Sinusbedingung

Wenn der Öffnungsfehler korrigiert ist, also die Schnittweiten für alle Einfallshöhen annähernd gleich sind, so heißt dies noch nicht, daß auch die Brennweiten für alle Einfallshöhen konstant sind. Ist dies jedoch nicht der Fall, so überlagern sich verschieden große Bilder und erzeugen einen unscharfen Gesamteindruck eines Bildes. Die mathematischen Bedingungen zur Beseitigung dieses Fehlers wurden vom Jenaer Optiker Ernst Abbe aufgestellt und auf Grund der in ihnen enthaltenen Sinusglieder „Sinusbedingung“ genannt. Ist sie erfüllt, so ist auch gleichzeitig die Koma für mäßige Bildwinkel beseitigt und hoher Kontrast in Achsnähe gewährleistet.

### 3.7. Farbort- oder Farbblänsfehler (chromatische Längsaberration)

Beim Übergang des Lichtes von Luft in Glas wird der Lichtstrahl nach dem bekannten Brechungsgesetz aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt. Die Größe der Ablenkung ist unterschiedlich für verschiedene Wellenlängen, das bedeutet, daß das Licht in die verschiedenen Farben zerlegt wird. Die beiden Kennwerte hierfür sind der Brechwert  $n$  und die Dispersion, die meist in Form ihres Kehrwertes, der „Abbeschen Zahl  $v$ “ ausgedrückt wird. Beide Zahlen kennzeichnen materialseitig die optische Wirkung einer bestimmten Glasart. Die in der Dispersion zum Ausdruck kommende Abhängigkeit des Brechwertes von der „Lichtfarbe“ hat zur Folge, daß parallel einfallende Strahlen verschiedener Wellenlängen unterschiedliche Schnittweiten besitzen. Liegt der Schnittpunkt der blauen Strahlen in Einfallrichtung vor dem der roten, so wird dies als chromatische Unterkorrektur bezeichnet. Durch Kombination von mehreren Linsen mit unterschiedlichen Brechwerten und Abbeschen Zahlen kann der Farbblänsfehler wesentlich reduziert werden, es wird „Achromasie“ erreicht.

### 3.8. Farbvergrößerungsfehler

Selbst bei Korrektur des Farbortfehlers ist jedoch eine fast farbneue Abbildung nur dann gewährleistet, wenn die Brennweite für alle Farben gleich ist, d. h. alle Bilder der unterschiedlichen Farben auch die gleiche Größe haben. Dies ähnelt in der Auswirkung der unter



3.6. ausgeführten Sinusbedingung für monochromatisches Licht. Es sei nochmals betont, daß alle Farbfehler u. a. auch die unter 3.7. und 3.8. genannten, bei Abbildung durch Reflexion, also bei Spiegelsystemen nicht auftreten.

### 3.9. Sonstige Fehler

Neben diesen für den Astro-Amateur wichtigsten Abbildungsfehlern optischer Systeme, gibt es noch eine ganze Reihe sekundärer Fehler, die je nach gewünschter Abbildungsleistung des Instrumentes in Einzelfällen Bedeutung erlangen können. In jedem Fall ist es Aufgabe des Optik-Rechners, die optischen Bauelemente in einem System so anzuordnen, daß sich die Fehler der einzelnen Linsen oder Spiegel weitgehend kompensieren. Weiterführende übersichtliche Darstellungen sind in [1] und [11] zu finden. Nicht zu vergessen sind neben den optischen Abbildungsfehlern die Fehler, die durch mehr oder weniger unvollkommene Ausführung oder Anordnung der optischen Bauelemente hervorgerufen werden. Beim Selbstbau des Fernrohrs ist das die Fehlerart, die häufig den größten Anteil an der Schmälerung der Leistungsfähigkeit hat. Auch der Tatsache, daß neben dem, die Abbildung bewirkenden „bildaufbauenden“ Licht in jedem Fernrohr auch vagabundierendes, „bildzerstörendes“ Streulicht vorhanden ist, das durch Kontrastminderung die Leistung erheblich bremsen kann, ist stets gebührende Beachtung zu schenken. Bei kontrastarmen Objekten (z. B. Planeten) kann dies entscheidend sein.

### Anmerkungen

- 1) Bei Beurteilung älterer Geräte ist eine exakte Messung des Durchmessers der EP ratsam. Ein durchsichtiges Lineal wird unmittelbar vor dem Objektiv angeordnet und mit einer Lupe festgestellt, welcher Ausschnitt der Skala des Lineals in der Austrittspupille des Fernrohrs sichtbar ist. Dieser Ausschnitt entspricht dem Durchmesser der EP. Ob unsachgemäß im Inneren des Fernrohrs angebrachte Blenden oder irgendwelche Fassungskanten den Strahlengang beschneiden, kann festgestellt werden, wenn aus größerer Entfernung in das Objektiv des Fernrohrs geblickt wird, welches mit dem Okular gegen eine helle Fläche zu richten ist. Die Austrittspupille ist dann durch das Objektiv hindurch als helle Kreislücke sichtbar, die die gesamte Objektfläche bis zu den Fassungsändern voll ausfüllen muß. [12]
- 2) In einem zentralen Teil der Netzhaut sind als „Sensoren“ die farbeempfindlichen, hochauflösenden aber recht helligkeitsunempfindlichen „Zäpfchen“ wirksam. In den peripheren Teilen dagegen die farbeempfindlichen, geringauflösenden, aber sehr helligkeitsempfindlichen „Stäbchen“. Dies ist der Grund, daß bei einem etwas seitlichen Vorbeiblicken an einer Lichtquelle, dem sog. „indirekten Sehen“, wesentlich schwächere Lichteindrücke wahrgenommen werden können.

3) Nemeec fand bei Testung, allerdings an irdischen Zielen, bei Fernrohren von 50...200 mm Objektdurchmesser sogar Werte von  $\sigma_A \approx 74''/D$ ; D in mm [7].

Lit.: [1] Hodam, F.: Formelsammlung und Tabellenbuch der Technischen Optik, Verlag Technik, Berlin 1974. – [2] Houston, W. Scott.: Deep Sky Wonders. In: Sky and Teleskope 1980/8; 171. – [3] Shaw, G. E.: What is a Rich-Field-Teleskope? In: Sky and Teleskope 1980/3; 192. – [4] Riekher, R.: Fernrohre und ihre Meister. Verlag Technik, Berlin 1957. – [5] Weiss, W.: Ein wellenoptisches Kriterium für Fokussierungstoleranzen. In: Sterne 1969/11; 226. – [6] Kutter, A.: Mein Weg zum Schiesspiegler. In: Astro-Amateur, Schriften der Schweizer Astronomischen Gesellschaft, Rascher-Verlag, Zürich-Stuttgart 1962. – [7] Nemeec: Definition und Auflösung astronomischer Fernrohre von 2'' bis 8''. In: Sterne und Weltraum 1965/42; 285. – [8] Observers Notebook. In: Sky and Teleskope 1968/2; 129. – [9] Ziegler: Fadenkreuzokulare. In: Orion 1969, Nr. 113; 90. – [10] Sigdwick, J. B.: Amateur Astronomers Handbook. Faber & Faber, London 1955. – [11] Hodam, F.: Technische Optik. Verlag Technik, Berlin 1965. – [12] v. Hofe, Ch.: Fernoptik. J. A. Barth, Leipzig 1921.

## Komet Halley – Die Entwicklung der Helligkeit bis zum Perihel

### 2. Bericht des AK Kometen

Zur Vorhersage der visuellen Gesamthelligkeit von Kometen wird allgemein folgende Gleichung benutzt:

$$m_1 = m_0 + \lg \Delta + 2,5 n \lg r \quad (1)$$

Darin bedeuten  $m_0$  die Helligkeit des Kometen im Abstand von 1 AE von der Sonne,  $\Delta$  den Abstand Erde-Komet (in AE);  $n$  ist ein Maß für die Aktivität des Kometen und  $r$  ist der Abstand Sonne-Komet (in AE). Aus den Bahnelementen lassen sich  $\Delta$  und  $r$  berechnen, während  $m_0$  und  $n$  bei jedem Kometen verschieden sind und sich auch bei denselben Kometen zeitlich ändern können. Häufig werden für  $m_0$  und  $n$  nach dem Periheldurchgang andere Werte benutzt als vorher.

Um möglichst gute Prognosen für die Helligkeit Halleys bei dieser Wiederkehr treffen zu können, wurde von Bortle und Morris die Helligkeitsentwicklung beim letzten Periheldurchgang und davor untersucht [1] und folgende Gleichungen abgeleitet:

$$m_1 = 5,5 + 5 \lg \Delta + 11,10 \lg r \quad (2)$$

$$m_1 = 3,1 + 5 \lg \Delta + 7,73 \lg r \quad (3)$$

Gleichung (2) gilt für die Zeit vor dem Periheldurchgang und Gleichung (3) danach.

Zur Untersuchung der tatsächlich beobachteten Helligkeiten vor dem Periheldurchgang stehen 217 Beobachtungen von Amateuren aus der DDR zur Verfügung (Tabelle 1). Das Spektrum der zur Beobachtung benutzten Instrumente reicht vom Fernglas 7×30 bis zum Cassegrain-Teleskop mit 400 mm Apertur (= Öffnung). Es ist deshalb notwendig, die beobachteten Helligkeiten auf eine einheitliche Öffnung (traditionell 6,8 cm) zu normieren. Ein Komet erscheint in einem 30 cm-Spiegel heller als im Fernglas 10×50, wird aber etwa 0,66 schwächer.

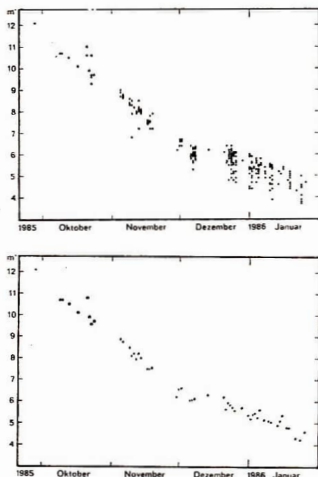


Abb. 1: Darstellung der beobachteten visuellen Gesamthelligkeit Halleys bis zum Periheldurchgang. Die beobachtete Helligkeit wurde auf den einheitlichen Aperturwert von 6,8 cm normiert. Aufgetragen sind alle 217 Beobachtungen von Amateuren aus der DDR (Abb. b – Tagesmittel).

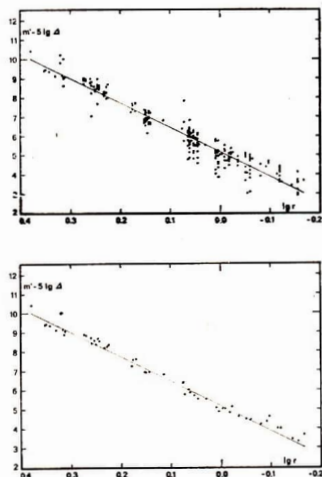


Abb. 2: Darstellung der absoluten Helligkeit Halleys (im Abstand 1 AE von der Erde) über dem Logarithmus des Sonnenabstandes. Mit eingezeichnet ist die berechnete Regressionsgerade (Abb. b – Tagesmittel).

cher geschätzt. Zur Normierung werden folgende Gleichungen benutzt [2]:

$$\text{bei Reflektoren } m' = m - 0,066 (A - 6,8) \quad (4)$$

$$\text{bei Refraktoren } m' = m - 0,019 (A - 6,8) \quad (5)$$

Die benutzte Apertur  $A$  wird in cm angegeben.

Um Verwechslungen auszuschließen muß beachtet werden, daß durch den Beobachter stets nur die beobachteten und nicht die normierten Helligkeiten weitergemeldet werden dürfen.

In Abb. 1 sind die normierten Helligkeiten während des Beobachtungszeitraumes eingetragen. Es ist der recht steile Helligkeitsanstieg des Kometen im Oktober und November zu sehen, der dann im Dezember fast stagniert. Zwar wurde der Komet tatsächlich weiterhin heller, aber nachdem er sich bis zum 27. 11. der Erde genähert hatte, entfernte er sich im Dezember pro Tag um etwa 2 Mill. km von uns.

Um Aussagen über die wirkliche Entwicklung des Kometen treffen zu können, muß man die scheinbare Helligkeit in die absolute (im Abstand von 1 AE von der Erde) umrechnen. Dann ist es möglich, die beiden variablen Größen der Helligkeitsgleichung (1) zu bestimmen. Man trägt dazu  $m' - 5 \lg \Delta$  gegen  $\lg r$  auf (s. Abb. 2). Die Helligkeiten sollten dann im Idealfall auf einer Geraden liegen. Durch Berechnung der Regression erhält man  $m_0$  und die Steigung 2,5 n.

Im vorliegenden Fall wurden alle 217 Beobachtungen von Amateuren aus der DDR zur Berechnung der Regression benutzt, ohne weitere Korrekturen oder Gewichte anzubringen. Es ergab sich  $m_0 = 5,16$  und  $2,5 n = 12,78$ . Der Korrelationskoeffizient, also das Maß für die Sicherheit der Regression, beträgt 0,96. Man kann daraus schließen, daß die ermittelte Gleichung

$$m = 5,16 + 5 \lg \Delta + 12,78 \lg r \quad (6)$$

die beobachteten Helligkeiten vor dem Periheldurchgang gut wiedergibt.

Die Differenzen zur nach (2) berechneten Helligkeit sind klein. Anfang Oktober war die beobachtete Helligkeit 0<sup>m</sup> 4 geringer als berechnet, Mitte November hatte Halley aber bereits aufgehört und war Mitte Januar um 0<sup>m</sup> 6 heller als berechnet.

Von verschiedenen Beobachtern (vor allem in anderen Ländern) wurden von der Berechnung stark abweichende Helligkeiten mitgeteilt. Danach sollte Halley Ende November um etwa 2<sup>m</sup> heller gewesen sein. Die Beobachtungen erregten großes Aufsehen, daraus ermittelte Vorhersagen ergaben für Januar 1986 Helligkeiten um 0<sup>m</sup>, zum Teil sogar noch heller. Von Anfang an ergaben sich aber Zweifel, ob bei einem so gut bekannten Kometen wie Halley, dessen Helligkeitsvorhersagen auf sorgfältigen Analysen der vorigen Periheldurchgänge folgten, solche große Differenzen auftreten können, und wenn ja, wodurch sie zu erklären sind. Sollte die jetzige Erscheinung etwas besonderes sein?

Inzwischen scheint aber das Rätsel gelöst. Heutzutage wird bei der Helligkeitsschätzung von Kometen sowohl das kleinste Gerät benutzt, mit dem der Komet noch zu

**Tabelle 1:** Beobachter der visuellen Gesamthelligkeit von Komet Halley bis zum Periheldurchgang

| Beobachter        | Anzahl | Zeitraum der Beobachtungen |
|-------------------|--------|----------------------------|
| Zische, E.        | 12     | 1985 Sep. 27–1986 Jan. 9   |
| Lipski, P.        | 16     | 1985 Okt. 8–1986 Jan. 12   |
| Kalauch, K.-D.    | 13     | 1985 Okt. 16–1986 Jan. 9   |
| Böhme, D.         | 15     | 1985 Nov. 3–1986 Jan. 22   |
| Bartnik, M.       | 10     | 1985 Nov. 3–1986 Jan. 22   |
| Lieder, F.        | 17     | 1985 Nov. 3–1986 Jan. 22   |
| Mosch, J.         | 13     | 1985 Nov. 7–1986 Jan. 9    |
| Winzer, A.        | 2      | 1985 Nov. 8–1985 Nov. 10   |
| Richert, M.       | 7      | 1985 Nov. 9–1986 Jan. 24   |
| Bretschneider, H. | 10     | 1985 Nov. 11–1986 Jan. 3   |
| Kliche, J.-L.     | 7      | 1985 Nov. 12–1985 Dez. 30  |
| Vohla, F.         | 6      | 1985 Nov. 12–1985 Dez. 24  |
| Lehmann, T.       | 7      | 1985 Nov. 15–1986 Jan. 17  |
| Pfützner, E.      | 12     | 1985 Nov. 15–1986 Jan. 22  |
| Glaubitz, C.      | 2      | 1985 Nov. 16–1985 Dez. 30  |
| Enkonatus, P.     | 10     | 1985 Nov. 30–1986 Jan. 17  |
| Rätz, M.          | 3      | 1985 Dez. 5–1986 Jan. 17   |
| Rätz, K.          | 3      | 1985 Dez. 5–1986 Jan. 17   |
| Linke, H.         | 10     | 1985 Dez. 5–1986 Jan. 14   |
| Winkler, R.       | 10     | 1985 Dez. 5–1986 Jan. 22   |
| Scheibler, G.     | 3      | 1985 Dez. 20–1986 Jan. 9   |
| Rudolph, M.       | 5      | 1985 Dez. 21–1985 Dez. 31  |
| Witt, U.          | 2      | 1985 Dez. 22–1986 Jan. 8   |
| Wedlich, B.       | 3      | 1985 Dez. 22–1986 Jan. 3   |
| Busse, J.         | 1      | 1985 Dez. 22               |
| Grube, W.         | 3      | 1985 Dez. 27–1986 Jan. 6   |
| Bader, P.         | 2      | 1985 Dez. 30–1986 Jan. 4   |
| Kauschle, A.      | 5      | 1985 Dez. 31–1986 Jan. 17  |
| Witte, F.         | 3      | 1986 Jan. 3–1986 Jan. 22   |
| Vahle, D.         | 2      | 1986 Jan. 8–1986 Jan. 9    |
| Reddemann, N.     | 1      | 1986 Jan. 8                |
| Bauer, H.-P.      | 2      | 1986 Jan. 17–1986 Jan. 22  |
| 32 Beobachter     | 217    | 1986 Sep. 27–1986 Jan. 24  |

sehen ist, als auch die kleinste Vergrößerung angestrebt, so daß die gesamte (bei Halley recht ausgedehnte) Koma noch im Blickfeld ist. Nicht so vor 76 Jahren. Die Beobachter blieben bei größeren Fernrohren und die größer werdende Koma konnte nicht voll gesehen werden. Morris unternahm den Versuch, das bei der gegenwärtigen Erscheinung nachzuvollziehen, indem er konstant 156fach vergrößerte. Der Helligkeitsanstieg verlief viel weniger dramatisch als bei geringer Vergrößerung und heraus kam ein Faktor  $2.5 \cdot n = 12.5$ . Die Prognosen wurden eingehalten. [3]

Im Oktober und November wurden von den Beobachtern in der DDR meist mit größeren Instrumenten geschätzte Werte gemeldet, die ermittelten Helligkeiten kommen den berechneten sehr nahe. Das breite Spektrum der benutzten Teleskope während des Dezember und Januar kann die Ursache für die größere Streuung hier als im Oktober und November sein.

Es ist offensichtlich, daß ein Wandel der Methodik bei der Analyse von Kometenhelligkeiten nötig ist. Die Normierung auf 6.8 cm Apertur genügt nicht mehr, der Einfluß von Faktoren wie Vergrößerung, Grenzhelligkeit und Komadurchmesser muß künftig bei exakten Analysen mit einbezogen werden: Die Ableitung derartiger Beziehungen ist nur bei einer sehr großen Anzahl von Beobachtungen möglich und ist ein Ziel des IHW-Netzwerkes für Amateurberechnungen. Alle sorgfältig gewonnenen Helligkeitsschätzungen sind dazu auch jetzt noch erwünscht.

KARSTEN KIRSCH

Lit.: [1] Bortle, J. E., Morris, Ch. S.: Brighter Prospects for Halley's Comet. Sky and Telescope 67 (1984) 9–12. – [2] Bortle, J. E.: How to observe comets. Sky and Telescope 61 (1981) 201–214. – [3] Fischer, D.: Die Helligkeit Halley's, Skyweek 2 (1986) Nr. 18. – [4] Meissel, D., Morris, Ch. S.: Comet Brightness Parameters. In: The Study of Comets 1 (1976), S. 410. – [5] Edberg, S. J.: International Halley Watch Amateur Observers Manual for Scientific Comet Studies, JPL-Publikation 83–16.

## Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen September/Oktober 1986

| Tag    | Sep. | Okt. | Tag | Sep. | Okt. |
|--------|------|------|-----|------|------|
| 1      | 8    | 11   | 16  | 0    | 15   |
| 2      | 8    | 14   | 17  | 0    | 16   |
| 3      | 8    | 23   | 18  | 0    | 22   |
| 4      | 8    | 24   | 19  | 0    | 31   |
| 5      | 8    | 24   | 20  | 0    | 39   |
| 6      | 10   | 25   | 21  | 0    | 47   |
| 7      | 13   | 27   | 22  | 0    | 54   |
| 8      | 11   | 20   | 23  | 0    | 67   |
| 9      | 9    | 32   | 24  | 0    | 76   |
| 10     | 8    | 31   | 25  | 0    | 72   |
| 11     | 8    | 23   | 26  | 0    | 60   |
| 12     | 0    | 28   | 27  | 0    | 65   |
| 13     | 0    | 22   | 28  | 0    | 61   |
| 14     | 0    | 0    | 29  | 8    | 63   |
| 15     | 0    | 0    | 30  | 9    | 62   |
|        |      |      | 31  |      | 53   |
| Mittel |      | 3,9  |     |      | 35,7 |

A. KOECKELNBERGHI

## Jupiterbeobachtungen 1985

### Bericht des Arbeitskreises Planeten

Die Verbesserung der Sichtbarkeitsbedingungen Jupiters infolge der wieder leicht angestiegenen Deklination machte sich durch eine gegenüber dem Vorjahr regere Beobachtungstätigkeit bemerkbar. Folgende Sternfreunde stellten der Arbeitskreiszentrale ihr Beobachtungsmaterial zur Verfügung (s. S. 24):

Die Sichtbarkeitsperiode 1985 war durch eine verstärkte Aktivität der Jupiteratmosphäre gekennzeichnet. Abb. 1 repräsentiert das für 1985 typische Erscheinungsbild des Planeten in einem 150 mm-Refraktor. Abb. 2 ist eine schematische Wiedergabe von Abb. 1 (s. Umschl.-S. 3). In ihr sind die wichtigsten, im Text behandelten Objekte extra gekennzeichnet. Es bedeuten:



| Beobachter  | Zeich-<br>nungen | ZM-Durchgänge<br>GRF           | Sonstige |
|---|------------------|--------------------------------|----------|
| Berger (Scharfenberg)<br>Cass. 250                    | 86               | Anf. 14<br>Mitte 17<br>Ende 13 | 50       |
| Blasberg (Dresden)<br>Refr. 100/1000                  | 8                | 15                             | 1        |
| Görs (Jena)<br>Refr. 130                              | 4                | 4                              | 1        |
| Greißner (Rückersdorf)<br>Refr. 120/1000, 150/2250    | 10               | 12                             |          |
| Hoffmann (Dresden)<br>Refr. 63/840                    | 60               | 4                              |          |
| Kalauch (Annahütte)<br>Refr. 200/3000                 | 19               | 7                              | 7        |
| Kuschnik (Großkörös)<br>Refr. 63/840,<br>Meniscas 150 | 18               |                                |          |
| Lhotzky (Rostock)<br>Refr. 150/2250                   |                  | 3                              |          |
| Marwinski (Weimar)<br>Refr. 110/1650                  | 24               | Anf. 1<br>Mitte 1<br>Ende 1    |          |
| Mau (Wegeleben)<br>Refr. 63/840, 150/2030             | 42               | 2                              |          |
| Mettig (Radebeul)<br>Refr. 150/2250, 50/540           | 74               | 11                             | 51       |
| Paleske (Langendorf)<br>Refr. 110/1650, 150/2070      | 80               | 1                              | 2        |
| Seliger (Dresden)<br>Cass. 150/2250                   |                  | 14                             |          |
| Tändler (K.-M.-Stadt)<br>Refr. 80/500                 | 20               |                                |          |
| Winzer (Cottbus)<br>Refr. 80/840, 100/1000            | 36               | 1                              |          |
| Viertel (K.-M.-Stadt)<br>Refr. 80/1200                |                  | 2                              |          |

- 1...WOS-FA
- 2...WOS-BC
- 3...WOS-DE
- 4...neues Band in der StrZ
- 5...verdunkelter StrZ-Nordteil („StrZn“)
- 6...weiße Flecke am SEB-Südrand und in der StrZn
- 7...erste Anzeichen der StrZ-Störung bei 300°
- 8...Großer Roter Fleck
- 9...SEB-Störungsfront bei 130° (System 2)
- 10...helle SEB-Zentralzone (SEBZ) mit eingelagerten weißen Flecken
- 11...Dunkelflecke am NEB-Nordrand.

## 1. Die drei langlebigen WOS-Objekte und das Südliche Temperierte Band (STB)

WOS-BC wurde Ende Mai/Anfang Juni, gut sichtbar, erstmals beobachtet. Zu dieser Zeit hatte es eine Distanz zum GRF von noch etwa +20°. Danach verlor das Objekt ständig an Intensität, so daß es nach seiner Konjunktion mit dem GRF auch an größeren Instrumenten nur schwierig erkennbar war. Da Berger im Oktober kurz hinter BC noch einen weiteren weißen Fleck beobachtete, traten zudem Identifikationsschwierigkeiten auf.

Auch WOS-DE wurde, anfangs gut sichtbar, in + (30°... 40°) Abstand zum GRF unauffälliger. WOS-FA hielt sich in größerer Entfernung zum GRF auf. Überraschend war seine gute Sichtbarkeit, da es in den vergangenen Jahren nur schwierig zu beobachten war.

Bis August 1985 hatte sich der Abstand zwischen FA und BC auf 170° erhöht. Die Tendenz des „Auseinanderlaufens“ beider Objekte hält seit Mitte der siebziger Jahre an; 1974/75 betrug die Differenz in jovigraphischer Länge noch 55° [1], [3]¹, [4]¹, [5].

Die beobachtete Bewegung der drei Objekte im Rotationssystem 2 kann durch folgende Gleichungen dargestellt werden:

### WOS-DE

|        |   |
|--------|---|
| Berger | Juni 04...Okt. 29 $n = 6$<br>$\lambda_{11} = 96^\circ 3' - 0^\circ 457' (t - 2446282)$<br>$m_1 = 0^\circ 4'$<br>$m_2 = 0^\circ 006$ |
| Mettig | Juni 04...Okt. 21 $n = 5$<br>$\lambda_{11} = 88^\circ 4' - 0^\circ 461' (t - 2446282)$<br>$m_1 = 0^\circ 7'$<br>$m_2 = 0^\circ 012$ |

### WOS-FA

|        |  |
|--------|--|
| Berger | Mai 19...Okt. 25 $n = 11$<br>$\lambda_{11} = 209^\circ 9' - 0^\circ 430' (t - 2446282)$<br>$m_1 = 0^\circ 9'$<br>$m_2 = 0^\circ 016$ |
| Mettig | Mai 19...Okt. 20 $n = 6$<br>$\lambda_{11} = 201^\circ 6' - 0^\circ 430' (t - 2446282)$<br>$m_1 = 0^\circ 3'$<br>$m_2 = 0^\circ 005$  |

### WOS-BC

|        |  |
|--------|--|
| Mettig | Mai 27...Okt. 21 $n = 4$<br>$\lambda_{11} = 10^\circ 3' - 0^\circ 395' (t - 2446282)$<br>$m_1 = 1^\circ 0'$<br>$m_2 = 0^\circ 020$ |
|--------|--|

Für  $t$  ist die Zeit als Julianisches Datum einzusetzen.  $m_1$  ist der mittlere Fehler der jov. Länge ( $\lambda_{11}$ ) zum Oppositionsdatum Aug. 04 und  $m_2$  der mittlere Fehler der täglichen Drift gegen System 2.

Die Driftraten von DE und FA stimmen bei beiden Beobachtern sehr gut überein. Jedoch tritt zwischen den Reihen aufgrund unterschiedlicher Bildorientierungen während der Beobachtung eine hohe systematische Differenz von  $-8^\circ$  (Mettig minus Berger) auf.

Die Beobachtungen von Berger deuten ebenfalls auf eine Drift des WOS-BC von etwa  $-0^\circ 4/d$  hin.

Im August war das STB vor FA wesentlich dunkler und homogener als in höheren Längen, wo es sich in zwei schmale Komponenten aufspaltete, von denen die schwächere nördliche in Richtung SEB ablag (s. Abschn. 2.2.). Dieses Bild ähnelt in gewisser Weise der Umgebung von FA unter dem Einfluß der langlebigen STB-Lücke, die im Arbeitskreis von 1977 bis 1983 zwischen FA und BC beobachtet wurde [5], sich jedoch schon 1974 zu entwickeln begann [1]. Auch der STB-Abschnitt zwischen BC und DE schien im Sommer schwächer zu werden.

Wie aus der Gesamtkarte auf Umschl.-S. 3 ersichtlich, traten im STB außer den drei langlebigen WOS noch eine Reihe weiterer Objekte auf. Fünf weiße Flecke konnten z. T. über mehrere Monate hinweg verfolgt werden. Einige von ihnen wurden, ebenso wie WOS-DE und -FA von D. Hoffmann schon im Telementor 63/840 andeutungsweise bemerkt.

## 2. Die Südtropische Zone (StrZ)

### 2.1. Der Große Rote Fleck (GRF)

Auch 1985 war der GRF kontrastarm und schwierig zu beobachten. Er konnte von der deutlich sichtbaren SEB-Bucht nur in größeren Instrumenten (Öffnungen ab 150 mm) unterschieden werden. Am nachfolgenden Rand des GRF ist zeitweise eine auffällige dunkle Abströmung aus Richtung SEB zu sehen gewesen.

Abb. 3 zeigt die gemessenen Positionen. Zwei weitere Positionen vom 23. Dezember 1985 und 04. Januar 1986 liegen bei  $17^\circ 9' \pm 2^\circ 4'$  bzw.  $21^\circ 2' \pm 1^\circ 8'$  (Mettig). Die Werte von Berger und Greißner weichen systematisch

¹) In [3], [4] ist die Bezeichnung der drei langlebigen WOS fehlerhaft. „WOS-DE“ ist in Wirklichkeit BC, „WOS-FA“ das Objekt DE, und der „Weiße Fleck“ in [3] schließlich WOS-FA.

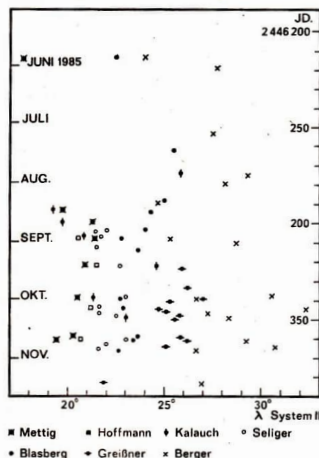


Abb. 3: GRV-Positionen 1985.

von denen anderer Beobachter ab. Sondern nur ihre Positionen aus, ergeben sich folgende mittlere jov. Längen (System 2):

| JD 2446000 + | n  | jov. Länge |
|--------------|----|------------|
| 200...280    | 3  | 25.5 ± 0.3 |
| 290...300    | 3  | 24.5 ± 0.5 |
| 300...310    | 6  | 22.3 1.1   |
| 310...320    | 7  | 22.9 1.8   |
| 330...350    | 10 | 22.0 0.9   |
| 358...365    | 9  | 21.9 1.5   |

Die Messungen von Berger ergeben eine Längenausdehnung des GRF von  $20.2 \pm 0.6$ .  
Herrn H.-J. Blasberg danke ich für die Auswertung der GRF-Beobachtungen.

## 2.2. Neues Band und Dunkelmasse im Nordteil der StrZ

Im 150 mm-Refraktor stellte sich die Entwicklung in der StrZ folgendermaßen dar.

Am 14. August war ab  $250^\circ$  (System 2) bis zum GRF eine schwache Südkomponente des SEB zu sehen. Eine Woche später erschien sie schon deutlich vom SEB abgetrennt. Ab Ende August bot sich das Bild eines völlig vom SEB losgelösten Bandes, wobei die neuentstandene Zone nördlich von ihm (im folgenden sei sie mit StrZn bezeichnet) deutlich dunkler als die südlicher gelegene StrZ war. Im September erreichten in der StrZn befindliche Strukturen teilweise sogar die Intensität des SEB. Im Oktober schien sie wieder heller zu werden, hatte aber noch im November die in etwa gleiche Dunkelintensität wie Ende August.

Ende August wurde (bei guter Luft) bemerkt, daß das

neue Band am schwachen vorangehenden Ende zu einem bei  $230^\circ$  stehenden WOS ins STB abbog (s. Abb. 1 und Abschn. 1.). Am 20. Oktober war das Bild ähnlich, nur bildete da schon das bei  $170^\circ$  befindliche WOS-FA den „Anlaufpunkt“. Mit der Verlagerung des Bandanfanges füllten auch die in der StrZn befindlichen Dunkelmassen Gebiete immer kleinerer jov. Länge aus. Eine ausgeprägte Verdunklungswelle existierte aber nicht, so daß kein zuverlässiger Wert der Ausbreitungsgeschwindigkeit ermittelt werden kann. Da die Dunkelheit der StrZn sowie des neuen Bandes in Richtung GRF allgemein zunahm, wurde ihr „Beginn“ von verschiedenen Beobachtern auch unterschiedlich aufgefaßt.

Auffällig war die reiche Strukturierung der StrZn. Berger schreibt, daß zunächst am SEB-Südrand „kleine helle Flecke auftraten ( $250^\circ$ ... $350^\circ$ ), die ihm ein sägezahnähnliches Aussehen verliehen. Im August dehnte sich der „Sägezahn“ bis  $200^\circ$  aus ... Ab Ende Oktober sah die StrZ von  $240^\circ$  bis zum GRF ähnlich wie die nördliche EZ aus; Projektionen, helle Wolken, oft von Girlanden umschlossen, die teilweise zu einem Band (s. o.) zusammenwuchsen, bestimmten das Bild.“

Die Positionsbestimmungen mehrerer weißer Flecke deuten auf eine tägliche Bewegung von  $(+4.0 \pm 0.5^\circ)$  gegen System 2 hin. Dieser Wert ist für den SEB-Südrand typisch. Bemerkenswert ist noch, daß sich das neue Band in der StrZ zusammen mit dem SEB-Südrand vor dem GRF deutlich nach Süden verlagerte. Im September und Oktober schien es am vorangehenden Ende der im nächsten Abschnitt beschriebenen StrZ-Störung zu enden.

## 2.3. Eine neue StrZ-Störung

Ende August bildete sich bei  $360^\circ$  (System 2) eine schwache Projektion vom SEB in Richtung STB heraus. Am 12. September war sie deutlicher zu sehen. Ende September erstreckte sich von  $335^\circ$  bis  $355^\circ$  über die gesamte Breite der StrZ eine scharf begrenzte Dunkelmasse. Ihr vorangehendes Ende (bei  $335^\circ$ ) war konvex, das nachfolgende Ende (so wie anfangs auch die SEB-Projektion) dagegen konkav gewölbt. Die Ränder der Dunkelmasse konnten schon im Refraktor 63/840 mm andeutungsweise bemerkt werden.

Am 12. September schien zwischen der Projektion und dem GRF in der StrZ ein großer heller Fleck zu liegen. Ende September ist diese Aufhellung noch deutlicher zu sehen gewesen.

Im Oktober wurden die Ränder der Dunkelmasse diffuser. Am 21. Oktober lag das recht unendlich gewordene vorangehende Ende bei  $333^\circ \pm 2^\circ$ , und der helle Fleck war verschwunden, so daß sich die Masse bis hin zum GRF erstreckte. Im Dezember wurde (bei allerdings schlechter Luft) auch kein Anzeichen eines ausgeprägten vorangehenden Endes mehr bemerkt. Dafür war aber die gesamte StrZ vor dem GRF deutlich dunkler geworden.

Die Entstehung dieser StrZ-Störung erfolgte zum Zeitpunkt und an der Stelle des Vorübergangs von WOS-BC an der jov. Längenposition (System 2) ihres späteren nachfolgenden Endes. Bei dem Vorübergang desselben WOS bei  $30^\circ$ ... $35^\circ$  erschien schon Ende April 1979 ein ähnliches Objekt. Es konnte im Arbeitskreis kurz nach seiner Entstehung gesehen und bis April 1981 verfolgt werden; für große Instrumente verschwand es dann im August 1982. Eine weitere StrZ-Störung entstand unter analogen Umständen Ende Mai/Anfang Juni 1983 bei  $0^\circ$  jov. Länge ([1], [5]). Alle drei Störungen wurden ausgelöst, als die Längendifferenz von WOS-BC und GRF-Mitte ( $-25^\circ$ ... $-45^\circ$ ) betrug.

Auf Zeichnungen von Ende Mai und Ende August am Radebeuler Condé-Refraktor ist zwischen dem GRF und etwa  $60^\circ$  bzw.  $35^\circ$  jov. Länge eine weitere Verdunklung der StrZ dargestellt. Sie war allerdings wesentlich schwächer als das oben beschriebene Objekt. Ab September wurde sie nicht mehr gesehen.

### 3. Störungen im Südlichen Äquatorband (SEB)

Die markantesten Objekte im SEB waren Störungsfronten im dem GRF nachfolgenden Teil des Bandes. Eine SEB-Störungsfront zeichnet sich z. Z. dadurch aus, daß das Band an einer Stelle „abgeschnitten“ erscheint und sich in Richtung abnehmender jov. Länge deutlich in zwei Komponenten aufgespalten fortsetzt. In der dadurch entstehenden SEB-Zentralzone (SEBZ) traten auch 1985 öfter helle und dunkle Flecke (offenbar kürzerer Lebensdauer) auf. Diese Flecke werden im Arbeitskreis seit Ende der siebziger Jahre beobachtet ([5], für detailliertere Informationen s. auch [1]).

1985 wurde die erste Störung Ende Mai bis Mitte Juni bei rd. 80° (System 2) gesehen. Auf einer Zeichnung von Anfang Juli (Paleske) ist sie schon in Auflösung. Die zweite Störungsfront ist von Mitte Juli bis November auf den Zeichnungen festgehalten. Ihre jov. Länge (System 2) verringerte sich von Anfangs 135° auf 120° Ende Oktober. Am 16. November beobachtete Berger sie bei 100°. Auf zwei Zeichnungen desselben Tages ist noch eine mutmaßliche Störungsfront bei etwa 185° festgehalten.

Nach [2] hatte sich die bei 80° gesehene Front vor dem 18. April gebildet und nach einer monatlichen Drift von  $-10^\circ$  gegen Ende Juli aufgelöst. Bezüglich einer eventuellen Vorgeschichte der zweiten Front ist bemerkenswert, daß schon am 4. Juni von Mettig bei 135° eine „verdächtige“ Struktur gesehen worden ist. Paleske hat am 26. Juni bei rd. 120° eine verwischene Aufhellung im SEB gezeichnet.

Die Verfolgung der Störungsfronten geschah fast ausschließlich an größeren Instrumenten, obwohl zumindest die zweite doch schon im 50/540- und 63/840 mm-Refraktor (Mau) gesehen werden konnte.

Da das SEB schon kurz vor dem GRF deutlich in zwei Komponenten aufgespalten war, machte es dort im Herbst aufgrund des neuen Bandes in der StrZ einen dreigeteilten Eindruck.

### 4. Die Äquatorzone (EZ)

Die EZ war das hellste Gebiet auf Jupiter. Helle Wolken und Projektionen im Nordteil der Zone sowie am NEB-Südrand waren weniger zahlreich und i. a. nicht so auffällig wie in den Vorjahren. In Instrumenten ab 120 mm Öffnung wurden bei guter Luft von den Projektionen ausgehende „Girlanden“ und das Äquatorband (EB) beobachtet.

Die Identifizierung einzelner Objekte über mehrere Monate hinweg ist nur in wenigen Fällen mit einiger Sicherheit möglich. Eine bevorzugte Bewegung gegen System 1 ist nicht erkennbar.

### 5. Die Regionen nördlich der Äquatorzone

#### 5.1. Verdunklung der Nordtropischen Zone (NTrZ) und des Nördlichen Temperierten Bandes (NTB)

Bei den ersten Beobachtungen im April und Mai übernahm der Anblick der nordtropischen Strömungszone, NTB und NTrZ hatten eine außergewöhnliche Dunkelintensität; der Kontrast zwischen NTrZ-Nordteil (am NEB-Nordrand war ein schmaler Streifen der Zone relativ hell geblieben) und NTB war so gering, daß sie bei geringer Auflösung als zu einem einzigen Band verschmolzen gesehen wurden. Dieses „Band“ war schon in kleinsten Instrumenten zu sehen. Im August nahm die Dunkelintensität der NTrZ ab. In der zweiten Oktoberhälfte war sie wieder allgemein heller als die NTZ, blieb aber noch zum Jahreswechsel wesentlich dunkler als die EZ. Das von Mau gemeldete Schwächerwerden des NTB zwischen August und Oktober wird durch Berger und Mettig nicht bestätigt. Auch die Zeichnungen von Hoff-

mann und Winzer deuten darauf hin, daß das NTB bis Oktober nichts Bedeutendes von seiner anfänglichen Intensität eingebüßt hat. Der beobachtete Intensitätsverlust wird sicherlich darauf zurückzuführen sein, daß das Band Anfangs als eins mit dem dunklen NTrZ-Nordteil gesehen wurde, später jedoch fast ausschließlich die Dunkelheit der NTrZ abnahm.

Ab 150 mm Öffnung konnten in NTrZ, NTB und NTZ Strukturen unterschiedlicher Art beobachtet werden. Erwähnenswert ist besonders eine „Verdopplung“ des NTB. Sie ist schon auf Zeichnungen vom Sommer angedeutet und war dann im Oktober (zumindest stellenweise) deutlich ausgeprägt.

Eine detaillierte Übersicht bis August reichender Beobachtungen der Nordhalbkugel findet sich in [2]. Die dort angesprochene Einfärbung der Gegend NEB bis NTB ist durch Berger und Blasberg ebenfalls bemerkt worden. Berger berichtet, daß ein rötlicher Farbton in den ersten Monaten unverkennbar war, mit der Aufhellung der NTrZ nach der Opposition aber schwächer wurde. Mettig hatte im August am Coudé-Refraktor eine rötliche bis gelbliche Färbung dieser Gegend wahrgenommen, dies geschah jedoch erst nach einer gezielten „Suche“. Mau sah in einem Instrument größerer Öffnung am 30. August ebenfalls eine deutliche rötliche Färbung der NTrZ. Berichte anderer Beobachter über Farbwahrnehmungen liegen nicht vor.

#### 5.2. Dunkelflecke am NEB-Nordrand

Die im Arbeitskreis seit Ende der siebziger Jahre beobachteten Dunkelflecke am NEB-Nordrand waren 1985 recht unauffällig. Fünf ab August zwischen  $240^\circ$  und  $300^\circ$  beobachtete Objekte bewegten sich mit  $-(0,50 \pm 0,08)^\circ$  gegen System 2.

Zusätzlich zu den physischen Erscheinungen auf dem Planeten haben D. Böttner und K.-D. Kalauch insgesamt 14 Jupitermonderscheinungen beobachtet.

Lit.: [1] Sanchez-Lavega, A.; Rodrigo, R.: Ground based observations of synoptic cloud systems in southern equatorial to temperate latitudes of Jupiter from 1975 to 1983. *Astronomy and Astrophysics* 148 (1985) 67–78. – [2] Haug, H.; Kowalec, Ch.: Unwältliche Veränderungen in der Jupiteratmosphäre. *Sterne und Weltraum* 24 (1985) 11; 600–601. – [3] Renschen, C. P.; Ziemer, S.: Jupiter 1974. *AuR* 13 (1975) 4; 118–121. – [4] Zierner, S.: Jupiteropposition 1975. *AuR* 15 (1977) 5; 150 bis 153. – [5] Jupiter-Beobachtungsberichte des Arbeitskreises Planeten. *AuR* Hefte 2/1978, 1/1979, 1/1980, 3/1980, 1/1981, 4/1982, 6/1983, 5/1984, 5/1985.

HANS-JÖRG METTIG

## Neuer Leiter des AK „Planeten“

Der Arbeitskreis „Planeten“ hat einen neuen Leiter und eine neue Anschrift! Bundesfreund Hans-Joachim Blasberg, der den Arbeitskreis seit dessen Gründung im Jahre 1977 leitete, legte am 1. 11. 1986 dieses Amt in jüngere Hände. Die Zentrale Kommission Astronomie und Raumfahrt hat ihm herzlichen Dank und hohe Anerkennung für seine Arbeit ausgesprochen.

Neuer Leiter des Arbeitskreises „Planeten“ ist Bundesfreund Dieter Richter, Dresden. Gleichzeitig mit dem Leitungswechsel wurde der Arbeitskreis an die Volksternwarte „Adolph Diesterweg“, Radebeul (Auf den Ebenbergen, Radebeul, 8122) angegliedert. Er ist jetzt unter dieser Anschrift zu erreichen.

Zentrale Kommission Astronomie und Raumfahrt



## Der rechnende Sternfreund

Seit eh und je eröffnen sich dem Sternfreund Möglichkeiten, Vorgänge am Sternhimmel rechnend zu verfolgen. Man denke nur an die in mehreren Auflagen erschienenen *Astronomisch-Chronologischen Tafeln* von Paul Ahnert oder sporadisch im *Kalender für Sternfreunde* abgedruckte Hinweise. Diese oder ähnliche Publikationen waren nun ganz auf das Rechnen „mit der Hand“ eingestellt, weil sie zu einer Zeit erschienen, in der Rechenhilfsmittel in der Hand des Sternfreunds äußerst rar waren. Die rasante Entwicklung der Mikrorechenstechnik hat die Situation grundlegend gewandelt. Heute sind sehr viele Sternfreunde im Besitz von Taschenrechnern oder gar verschiedenen Kleincomputern. Wie steht es jedoch mit der Anwendung dieser Rechner? Oft ist ihren Besitzern nicht im mindesten bewußt, welche Potenzen in diesen Geräten schlummern. Nicht nur, daß aus astronomischen Jahrbüchern leicht eine Menge nützlicher Informationen zusätzlich herausgeholt werden können, im Prinzip ist jeder Rechner, der wenigstens trigonometrische Funktionen besitzt, zur Ephemeridenrecherche geeignet. Wenn man einen Taschenrechnerbesitzer sagt, daß er mit seinem Gerät innerhalb einer halben bis dreiviertel Stunde jede beliebige Finsternis im Umkreis von 1000 Jahren mit guter Genauigkeit berechnen könnte oder in ebenso kurzer Zeit das Datum und die näheren Umstände der ersten Marsopposition nach der Krönung Karls des Großen zu ermitteln wären, bewirkt das unglaubliche Kopfschütteln. Spätestens, nachdem man ihm weiter mit Hinweisen auf Kometen- oder Planetenbahnrechnungen den Mund wärgig gemacht hat, wird er mit der Frage kommen, wie denn nun so etwas zu machen sei. Und hier müßte man dann zugeben, daß entsprechende Anleitungen in unserem Lande noch dünn gesät sind. Diesem Umstand will Aukt mit der im Heft 3 beginnenden Serie „Für den rechnenden Sternfreund“ abhelfen. In jedem Heft (vorerst der nächsten drei Jahrgänge, wobei Ausnahmen die Regel auch hier bestätigen) soll ein Beitrag erscheinen, der sich in leicht verständlicher Weise mit Problemen der Berechnung astronomischer Phänomene im weitesten Sinne befaßt; die oben genannten Beispiele werden dazugehören.

Grundsätzlich werden die Artikel so gestaltet sein, daß sie den Besitzern von Rechnern unterschiedlichsten Niveaus gerecht werden. Natürlich ist es bequemer, eine Sternbedeckung durch den Mond mit einem programmierbaren Kleinrechner zu berechnen, als „zu Fuß“ mit dem Taschenrechner. Da gibt es vielleicht Sternfreunde, die mit einem Sternkatalog auf Platten Speicher aufrufen und ohne Mühe eine Liste aller Bedeckungen eines Jahres zusammenstellen können. Aber es gibt auch den Liebhaberastronom, der sich ein ihn besonders interessierendes Ereignis mit dem Taschenrechner vornimmt und dazu eben einige Zeit benötigt. An Präzision werden sich beide Rechnungen grundsätzlich kaum voneinander unterscheiden. Untersuchungen größeren Umfangs, etwa die statistische Auswertung bestimmter astronomischer Phänomene, werden allerdings dem Taschenrechnerbesitzer in der Regel nicht möglich sein. Vielleicht kann man das geflügelte Wort „Jedes Fernrohr hat seinen Himmel“ auch auf den Rechner übertragen: Für jede Rechnerart gibt es in der Astronomie dankbare Themen, die sie bewältigen kann.

Ein Wort an die Besitzer von Homecomputern: Fertige Programme, etwa in der Programmiersprache BASIC, wird es innerhalb dieser Serie nicht geben, und zwar aus drei Gründen nicht: Erstens gibt es von BASIC etwa genauso viele Versionen, wie Firmen, die Homecomputer herstellen, so daß man meist nur die Besitzer eines Typs zufriedenstellen kann. Zweitens könnten andere Interessenten, die einen Taschenrechner haben und BASIC nicht kennen, mit so einer Veröffentlichung nichts

anfangen. Und drittens kann es nicht schaden, wenn man sich im Programmieren übt, statt nur fertige Programme einzutippen und sich zu freuen, wie gut sie laufen (oder auch nicht), ohne zu wissen, warum. AuR möchte sich hier nicht an Trends orientieren, die letztlich nicht dem Rechnerbesitzer, sondern den Herstellerfirmen zugute kommen.

Anfänger sollten sich mutig heranwagen, wenn die Reihe „Für den rechnenden Sternfreund“ im Heft 3 richtig beginnt und sich von Fehlschlägen nicht entmutigen lassen. Übung macht auch hier den Meister. Man beuge sich geduldig auf Fehlersuche und strebe nach Erfahrungsaustausch mit Gleichgesinnten. Auf einige Dinge, die besonders diejenigen gern einmal vergessen, die sich zum ersten Mal rechnend an die Astronomie wagen, soll hier hingewiesen werden.

### Umgang mit Winkeln

In der Astronomie haben historische Entwicklungen bewirkt, daß Winkel in unterschiedlicher Weise gegeben sein können. Für den Gebrauch in Formeln ist es jedoch wichtig, daß man alle Winkelangaben in ein und dieselbe Form bringt, sonst erhält man unweigerlich falsche Ergebnisse. Diese einheitliche Form ist das Grad in Dezimalschreibweise. Hat man also z. B. die Deklination eines Objektes mit  $+23^{\circ}26'59''$ , so kann man damit in keiner Formel arbeiten. Erst in der Dezimalschreibweise, also  $+23.44972$ , ist der Wert brauchbar. Noch unangenehmer ist die Situation bei der Rektaszension, für die sich die bekannte Schreibweise im Zeitmaß eingebürgert hat. Hier genügt es nicht, z. B. die Angabe  $0^{\text{h}}13^{\text{m}}42^{\text{s}}$  in die Dezimalform  $0^{\text{h}}22833$  zu bringen, denn damit hat man immer noch ein Zeit- und kein Winkelmaß. Erst nach Multiplikation mit 15 ( $1^{\text{h}}$  entspricht  $15^{\circ}$ ) erhält man mit  $93.42500$  einen anwendbaren Wert. Man sollte es sich angewöhnen, gleich zu Beginn alle Daten in diese Form zu bringen und erst nach Abschluß aller Rechnungen Umwandlungen in die übliche Schreibweise vorzunehmen.

Ein weiteres Problem kann aus folgendem resultieren: Bei der Berechnung der Orte von Sonne, Mond und Planeten geht man oft von einem Anfangsort und Anfangsbedingungen aus, die das Objekt zu einem Standardzeitpunkt (z. B. 1. Januar 2000, 12<sup>h</sup> UT) innehat. Zwischen diesem Zeitpunkt und dem für die Rechnung gewünschten Zeitraum liegen meist mehrere Umläufe dieser Objekte. Die Formeln sind so beschaffen, daß sie die Winkelzählung nicht bei jedem neuen Umlauf wieder mit  $0^{\circ}$  beginnen, sondern einfach in der eingeschlagenen Richtung weiterzählen. Es ist günstig, die dabei entstehenden hohen Werte in den Bereich von  $0^{\circ}$  bis  $360^{\circ}$  zurückzubringen. Viele Rechner würden es zwar auch gestatten, mit diesen großen Werten weiterzurechnen. Jedoch wäre dieses Verfahren einerseits sehr unhandlich, andererseits brächte man sich damit eventuell um eine Gelegenheit, einen groben Fehler schon an dieser Stelle erkennen zu können. Diese Transformation ist einfach durchzuführen: Man dividiert den entsprechenden Wert durch 360 und multipliziert den Dezimalteil des Ergebnisses wieder mit 360. Beispiel: Gegeben ist der Winkel  $23569.253$ ; Division durch 360:  $65.470147$ ; Multiplikation des Dezimalteiles mit 360:  $0.470147 \cdot 360 = 169.253$ .

### Realismus in der Genauigkeit

Die elektronischen Rechner liefern auf Knopfdruck vieltellige Ergebnisse, deren Faszination man aber nicht erliegen sollte. Mit anderen Worten: Man muß mit der Zeit ein Gefühl dafür entwickeln, welche Genauigkeit bei der Angabe eines Ergebnisses sinnvoll ist. Es wäre also beispielsweise völlig sinnlos, den Zeitpunkt des Beginns oder Endes der nautischen Dämmerung mit der Präzision einer Zehntelsekunde anzugeben. Allerlings ist es rat-



sam, während der Rechnung die volle Genauigkeit, die der Rechner bietet, zu nutzen. Damit geht man so weit wie möglich der Gefahr aus dem Weg, daß sich (besonders bei längeren Rechenverfahren) Rundungsfehler störend aufsummieren. Man muß realistisch einschätzen wissen, welche Genauigkeit das angewendete Verfahren mit dem eigenen Rechner überhaupt liefern kann. An entsprechender Stelle werden dazu aber noch Hinweise gegeben.

### Winkelfunktionen

In der zehnten Klasse beginnt man, mit trigonometrischen Funktionen zu arbeiten, die auch in unserer Serie „Für den rechnenden Sternfreund“ eine große Rolle spielen werden. Im allgemeinen wird man die trigonometrischen Funktionen und die dazugehörigen Arkusfunktionen ohne Probleme anwenden können. Es wird oft vorkommen, daß man aus einem Sinus, Kosinus oder Tangens den Wert des entsprechenden Winkels ermitteln muß. In den ersten beiden Fällen kommt man auf Grund der bestehenden Aufgabenstellungen damit aus, die arcsin- oder arccos-Taste zu drücken und den angezeigten Wert zu nehmen. Anders beim Arkustangens: Hier gibt es öfter Schwierigkeiten, dem zweideutigen Ergebnis den richtigen Quadranten zuzuordnen. Ist der Tangens eines Winkels in der Form eines Quotienten

$$\tan z = \frac{y}{x} \quad \text{bzw.} \quad z = \arctan \frac{y}{x}$$

gegeben, so hat man bei manchen Taschenrechnern eine einfache Möglichkeit: Man führt die Division nicht aus und betätigt auch nicht die Taste arctan, sondern ermittelt den Winkel mit der Koordinatentransformation rechtwinklig  $\rightarrow$  polar. Dabei erhält man sofort das richtige Ergebnis. Sonst muß man die Division ausführen, die arctan-Taste drücken und danach das angezeigte Ergebnis in einem bestimmten Fall verändern. Ist  $x$  eine Zahl kleiner als Null, müssen zum Ergebnis  $180^\circ$  addiert werden. In allen anderen Fällen kann man den angezeigten Wert nutzen.

Fassen wir zusammen, so könnte man jedem Neuling auf dem Gebiet des astronomischen Rechnens empfehlen, sich drei große Mahnungen über den Arbeitsplatz zu hängen:

1. Setze in alle Formeln nur Winkelwerte ein, die du vorher in die Dezimalschreibweise übertragen hast!
2. Mache dir stets Gedanken darüber, welche Genauigkeit beim Rechnen und bei der Angabe des Ergebnisses sinnvoll ist.
3. Achte auf Arkusfunktionen! Informiere dich, welchem Quadranten das Ergebnis zuzuweisen ist!

Zu diesen ausgewählten Hinweisen werden an entsprechender Stelle andere hinzukommen. Solche Hilfestellungen nützen letztlich aber nur, wenn man sie aus eigener Erfahrung bestätigt und vertieft, also in der Praxis erprobt und dabei auch bereit ist, ein wenig Lehrgeld zu zahlen.

Redaktion und Autoren hoffen auf eine freundliche Aufnahme der Serie.

ANDREAS DILL

(Anm. d. Red.: A. Dill wird diese Serie zusammen mit dem Verantwortlichen Redakteur gestalten.)

Suche Refraktor 50/540 mm, alle Okulare ab  $f = 25$  mm monozentr. o. orthoskopisch. — Andreas Dietrich, Uferstraße 17, Görlitz, 8900.

Suche Okular-Schraubenmikrometer f. Telemotor 63/840. C. Grundmann, Fr.-Marschner-Str. 34, Burgstädt, 9112.

## KURZBERICHTE



### II. Astronomielager der Cottbuser im Harz

Vom 5.—10. August 1986 fand in Sophienhof, bei Ifeld, das II. Astronomielager der Bezirksfachgruppe Cottbus statt. Vier Sternfreunde konnten unter idealen klimatischen Bedingungen insgesamt jeweils 9 Nachtstunden beobachten.

An Ausrüstung standen ein AS 80/840 Fernrohr komplett, ein Telemotor, ein Feldstecher 10 x 50 auf Stativ, eine Plattform für zwei Kameras auf stabiler Montierung, sowie einige Fotoapparate und Zubehör zur Verfügung. Wir registrierten 64 Meteore, konnten 6 Mars-, 2 Saturn-, 2 Jupiter- und 4 Sonnenzeichnungen anfertigen. Die Ausrüstung war so abgestimmt, daß für jeden Teilnehmer die volle Palette der astronomischen Ausrüstung zur Verfügung stand.

Unser Interesse galt den gut sichtbaren Messierobjekten, der Struktur der Milchstraße, der Beobachtung veränderlicher Sterne und dem Vergleich der individuell gewonnenen Beobachtungsdaten. Tagesausflüge wurden zur Rappbode-Talsperre, zur Herrmanns- und Baumannshöhle in Rübeland, nach Netzkater, Wernigerode, zum Hexentanzplatz und zur Roßtrappe durchgeführt. Langeweile kam nie auf, zumal das Wetter sich stets von der freundlichen Seite zeigte. Die Berge haben mit ihrer Schönheit einen tiefen Eindruck auf uns Flachländer gemacht.

Für alle stellt als Resümee fest, dieses Lager war nicht das letzte. Die Amateurlarbeit, in Form der Gruppenbeobachtung, bringt wertvolle Erfahrungen und einen Ansporn, sich in vielen Teilgebieten der Astronomie zu versuchen.

Unser Dank gilt der Kreisleitung Cottbus-Stadt für die großzügige Unterstützung!

ANDRÉ WINZER

### Astronomie in Berlin — Eine Literatúrauswahl

Mit der folgenden Literatúrauswahl möchten wir aus Anlaß des 750. Jubiläums von Berlin, das im Jahre 1987 stattfindet, eine Literatúrauswahl zum Thema „Astronomie in Berlin“ geben. Das Verzeichnis erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern orientiert auf leicht zugängliche Bücher und Zeitschriften, die in der DDR erschienen sind.

**Aufgebauer, P.:** Die Astronomenfamilie Kirch. In: Sterne 47 (1971) 241—247.

**Auth, J.:** Albert A. Michelson an der Berliner Universität. Astr. Nachr. 303 (1982) 7—14.

**Bahe, R. M.:** Geschichte der meteorologischen Beobachtungen der Stadt Berlin. Abh. Meteorol. Dienst DDR, Bd. X, Nr. 78, 1966.

**Baumgart, I.:** Dokumente zur Geschichte der Sternwarte Berlin-Babelsberg aus den Jahren 1700—1945 im Zentralen Archiv der Akademie der Wissenschaften der DDR. Sternzeiten Bd. 2, Berlin 1977, 79—88.

**Biermann, K.-R.:** Die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität 1810—1920. Monatsber. AdW der DDR 12 (1970) 400—404.

**Biermann, K.-R.:** Carl Friedrich Gauß und Alexander von Humboldt in ihren Beziehungen zur Berliner Sternwarte. Sternzeiten Bd. 2, Berlin 1977, 5—16.

- Biermann, K.-R.:** Alexander von Humboldt. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd. 47, 3. Aufl. Leipzig 1984.
- Biermann, K.-R.:** Alexander von Humboldts Anspruch auf einen Platz in der Historiographie der Astronomie. *Sterne* 60 (1984) 96—100.
- Biermann, K.-R.:** Was sie trennte, war stärker als das, was sie verband [L. Euler u. J. H. Lambert in Berlin]. *spectrum* 15 (1984) 8, 29—31.
- Dick, J.:** 250 Jahre Berliner Sternwarte. *Sterne* 26 (1950) 101—171.
- Dick, J.:** Der Berliner Sternwarte erstes Domizil. *Sterne* 35 (1959) 209—213.
- Dick, J.:** Nochmals: Der Berliner Sternwarte erstes Domizil. *Sterne* 40 (1964) 114—120.
- Dick, J.:** Abermals: Der Berliner Sternwarte erstes Domizil. *Sterne* 40 (1964) 200—205.
- Felber, H.-J.:** Das Kalendermonopol und die Berliner Sternwarte. *Wissensch. u. Fortschr.* 25 (1975) 60—63.
- Felber, H.-J./M. Faak:** Leibniz und die Gründung der Berliner Sternwarte. *Sternzeiten* Bd. 1, Berlin 1977, 13—25.
- Foerster, K.:** Elternhaus in der Sternwarte. In: Ders.: *Ferien vom Ach* [betr. W. Foerster] Berlin 1965, 5—16.
- Fricke, W.:** Beiträge der Berliner Sternwarte zu Erkenntnissen auf dem Gebiet der klassischen Astronomie. *Astr. Nachr.* 304 (1983) 1—6.
- Fritze, K.:** Karl Hermann Struve und die Verlegung der Berliner Sternwarte nach Babelsberg. *Sternzeiten* Bd. 2, Berlin 1977, 49—58.
- Götz, B.:** Von der Kellischtafel zu Lunochod. Ein Querschnitt durch die museale Sammlung der Archenhold-Sternwarte. *Vortr. u. Schr. Archenhold-Sternwarte* Nr. 64 (1984).
- Hamel, J.:** Friedrich Wilhelm Bessel. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd. 67, Leipzig 1984.
- Hartkopf, W.:** Die Akademie der Wissenschaften der DDR. *Biographischer Index* (der Mitglieder seit ihrer Gründung), Berlin 1983.
- Hartkopf, W./G. Duncker:** Von der Brandenburgischen Societät der Wissenschaften zur Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Berlin 1967.
- Herneck, F.:** Einstein und die Humboldt-Universität. *Wiss. Ztschr. Humboldt-Univ., Math.-naturwiss.* R. 15 (1966) 797—801.
- Herneck, F.:** Albert Einstein. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Bd. (6. Aufl.) Leipzig 1982.
- Herrmann, D. B.:** Die Entstehung der astronomischen Fachzeitschriften [Berliner Astr. Jb.], Veröff. Archenhold-Stw. Nr. 5 (1972).
- Herrmann, D. B.:** Zur Vorgeschichte des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (1863—1974). *Astr. Nachr.* 296 (1975) 245—259.
- Herrmann, D. B.:** Friedrich Simon Archenhold und seine Treptower Sternwarte. *Vortr. u. Schr. Archenhold-Stw.* Nr. 65 (1980).
- Heß, H.:** Aus der Geschichte der Berliner Gesellschaft Urania. *Vortr. u. Schr. Archenhold-Stw.* Nr. 58 (1979).
- Hoffmann, D.:** W. Foerster — Astronom, Wissenschaftsorganisator und Begründer der „Urania“. *Astr. u. Raumf.* 21 (1983) 7—11.
- Humboldt, Alexander v.:** Chronologische Übersicht über wichtige Daten seines Lebens. Bearb. K.-R. Biermann. I. Jahn, F. G. Lange. *Beitr. A.-v.-Humboldt-Forschung* Bd. 1, 1968.
- Jackisch, G.:** J. H. Lamberts *Cosmologische Briefe*. Berlin 1979.
- Kirsten, Chr.:** Leonhard Eulers Programm für die Berliner Sternwarte. *Sternzeiten* Bd. 1, Berlin 1977, 7—12.
- Kopff, A.:** Zum 175. Jahrgang des Berliner Astronomischen Jahrbuchs. In: *Berliner Astronomisches Jahrbuch* für 1950, Berlin 1949.
- Melster, I.:** Der zwölfköpfige Troughtonsche Meridiankreis der alten Berliner Sternwarte. *Sterne* 43 (1967) 200—205.
- Oleak, H.:** Wilhelm Foerstes Verdienste um die Wissenschaftsorganisation. *Sternzeiten* Bd. 2, Berlin 1977, 35—40.
- Physiker über Physiker.** Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870—1920. Berlin 1975.
- Sandig, H.-U.:** Friedrich Küstner als Observator an der Berliner Sternwarte. *Sternzeiten* Bd. 2, Berlin 1977, 41—48.
- Wahnsner, R.:** Die philosophische Position Johann Heinrich Lamberts. *Sternzeiten* Bd. 1, Berlin 1977, 27—42.
- Wattenberg, R.:** M. W. Meyer. Zum 50. Todestag des Berliner Astronomen. *Blick Weltall* 1960, 92—93.
- Wattenberg, D.:** Johann Gottfried Galle. Leben und Wirken eines deutschen Astronomen. Leipzig 1969.
- Wattenberg, D.:** Beiträge zur Geschichte der Archenhold-Sternwarte. 1. Idee und Bau des Großen Refraktors. *Veröff. Archenhold-Sternw.* Nr. 1 (1966).
- Wattenberg, D.:** Johann Franz Encke und Wilhelm Olbers in ihrem gegenseitigen Verhältnis. *Sternzeiten* Bd. 1, Berlin 1977, 69—95.
- Wattenberg, D.:** Die Sternkarten von Johann Elert Bode. *Ebd.*, S. 53—68.
- Wattenberg, D.:** Zur Geschichte der Astronomie in Berlin im 16. bis 18. Jahrhundert. Eine Quellenübersicht. *Sterne* 48 (1972) 161—172; 49 (1973) 104—116.
- Wempe, J.:** Arthur Auwers als Astronom und die Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam. *Sternzeiten* Bd. 2, Berlin 1977, 17—28.
- Wünschmann, F.:** Die alte Sternwarte um 1800 unter Johann Elert Bode. *Monatsber. Dt. Ak. d. Wiss.* 2 (1960) 250—57.
- Wünschmann, F.:** Überlieferungen und Koordinaten der ersten Berliner Sternwarte. *Sterne* 36 (1960) 194—199.
- Zenkert, A.:** Bruno Hans Bürgel. Leben und Werk. *Vortr. u. Schr. Archenhold-Stw.* Nr. 63 (1982).

JÜRGEN HAMEL

## Merkur als Aufsuchhilfe für Mars

Normalerweise ist es umgekehrt: Man erleichtert sich die Suche nach dem sonnennahen Merkur, indem man Konjunktionen mit hellen Fixsternen oder Planeten zu Hilfe nimmt, um ihn in der Dämmerung besser zu finden. Nun liegen die Verhältnisse einmal anders. Kurz nach der größten östlichen Elongation des Merkur am 7. 6. 1987 gesellt sich ihm der Planet Mars zu. Zwischen dem 8. und 13. 6. stehen beide Planeten in der Entfernung von weniger als 1°. Zur größten Annäherung des Mars an den zu diesem Zeitpunkt fast dreimal helleren Merkur kommt es am 11. 6., 2<sup>h</sup> MESZ mit 37". Dieses Zusammentreffen bietet die Möglichkeit, den Mars noch einmal in einer Stellung zu sehen, in der sich sonst kaum noch jemand für ihn interessieren würde. Erleichtert wird die Suche nach dem Planetenpaar dadurch, daß sich die Begegnung in nur etwas mehr als 10° Entfernung „horizontwärts“ von den beiden Zwillingsternen Kastor und Pollux ereignet.

A. DILL

## Neu auf dem Büchermarkt

### Fliegerkalender der DDR 1987

Der „Fliegerkalender '87“ verfügt, wie andere Periodika auch, über Merkmale eines Nachschlagewerkes. So werden z. B. im „Historischen Kalender“ auf 30 Seiten markante Meilensteine der Entwicklung von Luftfahrt, Raketenflug und Raumfahrt des Zeitraumes von 1777 bis 1977 beleuchtet. Aufsätze von Berufenen geben eine Vielzahl aktueller Informationen. Raumfahrtspezifische Beiträge befassen sich mit der Fernerkundung der Erde (S. Jähn) und dem Kosmodrom Baikunur (P. Stache). Von aktueller Thematik sind die Aufsätze „Im Visier – Satelliten“ (M. Sergejew) und „Schwindeletikett made in USA“ (H. Oswald). Letzgenannter Beitrag setzt sich mit dem SDI-Programm der US-Amerikaner auseinander und gibt eine andeutungsweise Beschreibung der im „Krieg der Sterne“ geplanten Waffensysteme.

**Autorenkollektiv, Fliegerkalender der DDR 1987.** Herausgegeben v. P. Bork, Militärverlag der DDR. 1. Aufl. 1986, 240 S., zahlr. Abb., 140 mm x 210 mm, Pp. 3,80 M, Best.Nr.: 7477433.

### Wissenschaft und Menschheit 1985

Der 20. Band der Jahrbuchreihe „Wissenschaft und Menschheit“ liegt vor. Wissenschaftler aus vielen Ländern kommen mit neuen Forschungsergebnissen zu Wort. Enthalten sind Aufsätze aus den Bereichen Mensch, Erde, Mikrowelt, Weltall und Technik. Herausragende Themen des Jubiläumsbandes sind: Die Weltbewegung der Ärzte, Tiefe Temperaturen in Medizin und Biologie, Bewegliche Gene bei Tieren, Warum fliegt der Mensch in den Weltraum?, Beitrag der Kosmologie zur Lösung fundamentaler Probleme der Physik des Mikrokosmos, Hochleistungslaser in der Technologie und Strategie der Synthese von Naturstoffen. Die bewährte Rubrik „Chronik der Wissenschaft“ schließt den Band ab.

**Autorenkollektiv: Wissenschaft und Menschheit 1985** (Internationales Jahrbuch). Verlag SNANJE Moskau und URANIA Verlag Leipzig/Jena/Berlin, 400 Seiten, 18 M. Best.Nr. 6510085.

### Das Weltall und unsere Erde

Dieses Buch bringt einem großen Leserkreis Kenntnisse über das Weltall und seine Gesetzmäßigkeiten nahe. Beginnend mit unseren heutigen Vorstellungen vom Urknall werden in drei Kapiteln Entwicklung und Aufbau des Weltalls erläutert, von den Elementarteilchen bis zu den fernen Galaxien, als auch die Stellung der Erde und des Menschen als Bestandteil des Weltalls. Ein Kapitel ist der Sonne als Stern gewidmet, vier weitere der Erde als Planet, der Geologie der Erde, ihren Oberflächenformen und Rohstoffen. Auch die Beziehungen zwischen Mensch, Erde und Sonne werden betrachtet. Abschließend wird der Leser mit den Sternbildern bekanntgemacht.

Kleczeck, Josp; Jakač, Petr: **Das Weltall und unsere Erde.** Artia Verlag, Prag 1986, Übers. a. d. tschechischen, Format 21,5 cm x 29,5 cm, 320 S., 434 farbige Abbildungen.

### Kalenderrechnung im Mittelalter

Jedem, der Interesse an der Geschichte der Kalenderrechnung, am Werden unseres Kalenders besitzt, kann dies Buch nur wärmstens empfohlen werden – selbst wenn die Lateinkenntnisse für das Studium des Liber decennalis des Sigbert von Gembloux (1092) nicht ausreichen. Denn schon die Einleitung (S. 9–174) ist eine willkommene Ergänzung der ohnehin spärlichen Literatur zu diesem Thema. Hier wird u. a. behandelt: Einrichtung des mittelalterlichen Kalenders, Rolle des Konzils von Nicäa, die Ostertafeln, Jahreszyklen, Ostern im jüdischen Kalender, Sichtbarkeit des Mond-Neulichtes und natürlich der Lib. dec. Wer sich in die Probleme hineinfindet, wird die Darlegungen des Hg. zur christlichen Datierung der Welterschöpfung, der Solstitien und Äquinoktien, des Ostervollmondes und der Passionschronologie bis hin zu Sigberts Neuerungsbewußtsein geradezu mit Spannung verfolgen.

**Sigbert von Gembloux. Liber Decennalis,** hg. von J. Wiesenbach. Monumenta Germaniae Historica Bd. 12. Weimar: H. Böhlau Nachf. 1986, Best.-Nr. 795 6042, Preis 60 M.

### Vorschau auf Heft 2/1987

Unser nächstes Heft stellen wir – in Zusammenarbeit mit der Akademie der Wissenschaften der DDR überwiegend unter das Thema „20 Jahre Interkosmos“. Aus allen fünf Wissensbereichen des Instituts für Kosmosforschung geben Wissenschaftler der DDR Einblick in Ergebnisse der letzten zwei Jahrzehnte.

**Verkaufe C 250/4000 auf schwerer Mont. (4500 M) oder Tausch gegen 100/1000 auf Ib od. ähnliches Gerät. – Steffen Wündisch, Nr. 76, Lützschera, 7301.**

**Suche Rohmont. 63/840, 80/500, 80/840 od. Objektive m. 63–80 mm Ø; Oku.-Revolver u. Dunkelfeldbeleuchtung. René Rock, Ackerstraße 9, Wittstock/Dosse, 1930.**

**Verkaufe Zeiss-Obj. i. Fg.: AS 80/1200, neu (290 M); AS 63/840, gebr. (50 M); Zeiss-Sucher 7,5 fach, neu (100 M); Meyer-Obj. 62,5/500, gebr. (25 M). – Horst Fiesinger, Bahnhofstr. 42, Kollida, 5234.**

### Unsere Autoren

Dr. Klaus Schäfer, O.-Winzer-Str. 25, Berlin, 1142.  
Doz. Dr. Manfred Reichstein, Händelstr. 35, Halle, 4020.  
Prof. Dr. sc. K.-H. Marek, ZIPE d. AdW d. DDR, Potsdam, 1500.  
Dr. A. Koeckelbergh, 3. av. Circ., Brüssel, B-1180.  
Herbert Scholze, W.-Weittinger-Str. 29/10–36, Dresden, 8046.  
K. Kirsch, O.-Schwarz-Str. 27, Jena-Winzerla, 6908.  
H.-J. Mettlig, Tiergartenstr. 30 c, Dresden, 8020.  
Andreas Dill, Schulplatz 11, Rudolstadt, 6820.  
Dipl.-Med. A. Winzer, Am Stadtrand 53, Cottbus, 7513.  
Dr. J. Hamel, Archenhold-Sternwarte, Berlin, 1193.

## Raumfahrtstatistik 1985 (II)

### Erläuterungen zur Tabelle

Datumangaben basieren auf Mitteleuropäischer Zeit (MEZ). Die Massen unbemannter Satelliten enthalten in der Regel auch an Bord befindlichen Treibstoff; die Massen der Raumtransporter enthalten keine Nutzlasten. Die Epoche gibt den Tag an, an dem die ausgewiesenen Bahndaten gewonnen wurden. Die Angaben von TASS (+) stellen meist Anfangsbahndaten dar. Bei einigen manövrierbaren Raumflugkörpern kann keine Lebensdauer angegeben werden, da diese mehrfach die Bahn ändern. Als Teile wird die Anzahl der beim Start außer den genannten Nutzlasten mit auf Bahnen gelangten Raketenstufen, Schutzhüllen und sonstigen Fragmente angegeben.

### Verwendete Abkürzungen:

Kan. = Kanada Frankr. = Frankreich  
Mex. = Mexiko Arab. = arabische Staaten  
(Stichtag für alle Angaben: 1. 11. 1986)

### Ergänzende Hinweise zu einigen Raumflugkörpern

- STS-51D - Bemannter Raumtransporter: 16. Shuttle-Flug (7 Astronauten, darunter eine Frau und der erste „Flugbeobachter“/US Senator), Rendezvous und Wiederkontakt mit Leasat-3 am 17. 4. zwecks Aktivierung des defekten Satelliten (nicht gelungen)
- Telesat-9 - Nachrichtensatellit auf Synchronbahn, Start vom Shuttle am 12. 4.
- Leasat-3 - Militärischer Nachrichtensatellit der US-Navy, Start vom Shuttle am 13. 4., vorerst keine Synchronbahn erreicht, da Satellit nicht aktivierbar, Synchronbahn erst nach Reparatur durch STS-51L-Besatzung (Anflug am 31. 8. 85) erreicht
- Prognos-10 - Interkosmos-Satellit mit CSSR-Geräten an Bord, Erforschung von Sonnenwind und Magnetosphäre
- STS-51B - Bemannter Raumtransporter: 17. Shuttle-Flug (7 Astronauten), an Bord Raumlabor „Spacelab-3“ mit 2 Affen und 24 Ratten
- Nusat - Northern Utah Satellite des Weber State College in Ogden (Utah), Satellit zur Kalibrierung von Bodenradaranlagen der US-Federal Aviation Administration zur Luftverkehrskontrolle

- GLOMR - Global low-orbiting message relay satellite, militärischer Daten-Relais-Nachrichtensatellit, Start vom Shuttle nicht gelungen, verblieb in diesem u. wurde wieder zur Erde zurückgebracht, durch einen späteren Shuttle-Flug auf eine eigene Umlaufbahn gebracht,
- GStar-1 - Synchroner Nachrichtensatellit der GTE Spacenet Corp., Start mit „Ariane L13“
- Telecom-1B - Synchroner Nachrichtensatellit
- Molnija 3 - Nachrichtensatellit
- Sojus T-13 - Bemanntes Raumschiff (2 Kosmonauten), Kopplung an Salut-7: 8. 6. 85, Getrennt von Salut-7: 25. 9. 85
- STS-51G - Bemannter Raumtransporter: 18. Shuttle-Flug, 7 Astronauten, darunter eine Frau, ein französischer Raumfahrer und der erste arabische Raumfahrer, militärische Laserexperimente (SDI)
- Morelos-1 - Synchroner Nachrichtensatellit, Start vom Shuttle am 17. 6.
- Arabsat-1B - Synchroner Nachrichtensatellit der Arab Satellite Communications Organisation, Start vom Shuttle am 18. 6.
- Telstar-3D - Synchroner Nachrichtensatellit der American Telegraph & Telephone Company, Start vom Shuttle am 19. 6.
- Spartan-1 - Shuttle pointed autonomous research tool for astronomy, vom Shuttle zeitweilig ausgesetzte Plattform für astronomische Experimente, ausgesetzt am 20. 6., Rückholung: 22. 6., maximale Entfernung vom Shuttle: 192 m
- Progress-24 - unbemanntes Transportraumschiff, Kopplung mit Salut-7 am 23. 6., Trennung von Salut-7 am 15. 7.
- 1)- - kein Raumflugkörper, beim ballistischen Testflug einer Trägerrakete in eine Erdumlaufbahn gelangte Teile (siehe auch TASS-Meldung vom 18. 6. über Starts sowjetischer Raketen in ein Gebiet des Stillen Ozeans)
- Intelsat 5A-F11 - Synchroner Nachrichtensatellit

BERNHARD PRIESEMUTH

Satzfehlerkorrektur zu AuR 24 (1986) 6; 183:  
Raumfahrtstatistik 1985 (I)

Horizont-11 = 1985-07 A  
Arabsat-1A = Arab. Staaten

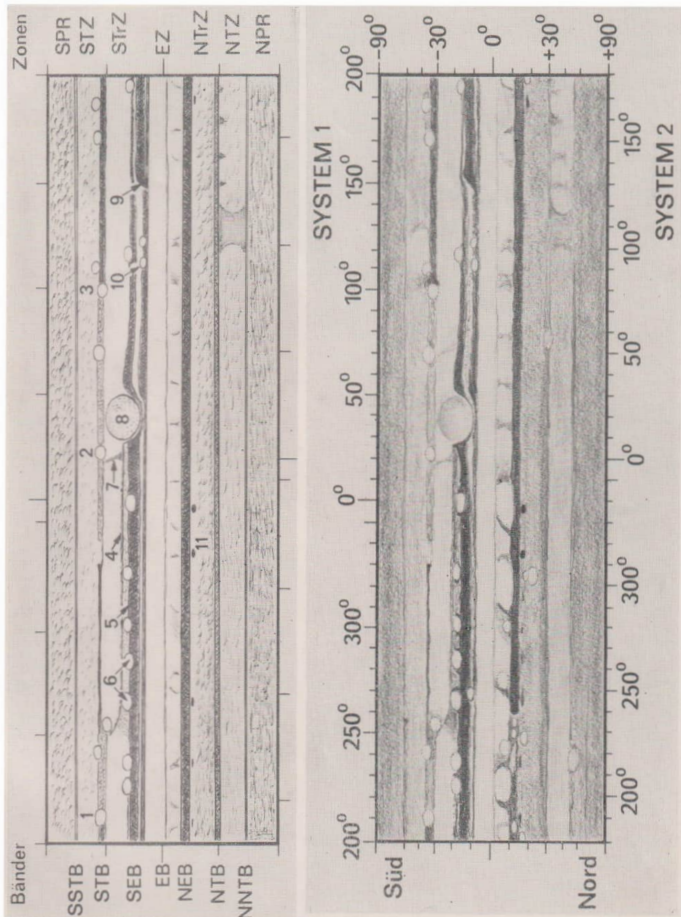


| Raumflugkörper             | Masse<br>kg | Staat   | Start     | Astronom.<br>Bezeichnung                           | Teile | Epoche         | Perigäum<br>km | Apogäum<br>km | Umlauf-<br>zeit<br>min | Bahn-<br>neigung<br>Grad | Lebensdauer<br>bzw. Umlauf<br>beendet |
|----------------------------|-------------|---------|-----------|--|-------|----------------|----------------|---------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Kosmos-1614                |             |         |           |  |       |                |                |               |                        |                          |                                       |
| STS-51D<br>(Discovery F4)  | 67123       | USA     | 3. 4. 85  | 1985-27A   | 12    | +              | 217            | 398           | 90,4                   | 70,4                     | 17. 4. 85                             |
| Telesat-9 (Anik C1)        | 1238        | Kan.    | 12. 4. 85 | 1985-28A   | 2     | 13. 4. 85      | 315            | 461           | 92,12                  | 28,52                    | 19. 4. 85                             |
| Leasat-3                   | 6850        | USA     | 12. 4. 85 | 1985-28B   |       | 17. 4. 85      | 35 020         | 35 700        | 1 431,20               | 2,90                     | Mill. Jahre                           |
| (Syncom IV-3)              |             |         |           |  |       |                |                |               |                        |                          |                                       |
| Kosmos-1645                |             | UdSSR   | 12. 4. 85 | 1985-29C   | 6     | 31. 10. 85     | 35 004         | 36 007        | 1 438,49               | 3,24                     | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1646                |             | UdSSR   | 16. 4. 85 | 1985-29A   | 1     | +              | 223            | 411           | 90,5                   | 62,8                     | 29. 4. 85                             |
| Kosmos-1647                |             | UdSSR   | 18. 4. 85 | 1985-30A   | 1     | +              | 432            | 435           | 93,3                   | 65                       | Monate                                |
| Kosmos-1648                |             | UdSSR   | 18. 4. 85 | 1985-31A   | 1     | +              | 180            | 348           | 80,4                   | 67,1                     | 11. 6. 85                             |
| Prognos-10                 |             | UdSSR   | 25. 4. 85 | 1985-32A   | 6     | +              | 196            | 205           | 88,8                   | 82,3                     | 6. 5. 85                              |
| (Interkosmos-23)           |             |         |           |  |       |                |                |               |                        |                          |                                       |
| STS-51B<br>(Challenger F7) | 67876       | USA     | 26. 4. 85 | 1985-33A   | 3     | +              | 400            | 200 000       | 5785                   | 65                       | 9 Jahre                               |
| Nusut                      | 52          | USA     | 29. 4. 85 | 1985-34A   | —     | 30. 4. 85      | 344            | 360           | 91,55                  | 56,98                    | 6. 5. 85                              |
| GLOMER                     | 68          | USA     | 29. 4. 85 | nicht von 1985-34A getrennt (Bahndaten siehe dort) |       | 30. 4. 85      | 346            | 355           | 91,52                  | 56,99                    | 21 Monate                             |
| GStar-1                    | 1195        | USA     | 8. 5. 85  | 1985-35A   | 2     | 15. 5. 85      | 35 769         | 35 836        | 1 436,82               | 0,73                     | Mill. Jahre                           |
| Telecom-1B                 | 1185        | Frankr. | 8. 5. 85  | 1985-35B   |       | 9. 5. 85       | 35 768         | 35 802        | 1 435,64               | 0,01                     | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1649                |             | UdSSR   | 15. 5. 85 | 1985-36A   | 11    | +              | 208            | 396           | 90,2                   | 72,9                     | 29. 5. 85                             |
| Kosmos-1650                |             | UdSSR   | 17. 5. 85 | 1985-37A   | 5     | +              | 19 137         | 19 137        | 676                    | 64,8                     | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1651                |             | UdSSR   | 17. 5. 85 | 1985-37B   |       | siehe 1985-37A |                |               |                        |                          | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1652                |             | UdSSR   | 17. 5. 85 | 1985-37C   |       | siehe 1985-37A |                |               |                        |                          | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1653                |             | UdSSR   | 22. 5. 85 | 1985-38A   | 6     | +              | 222            | 322           | 89,0                   | 82,3                     | 5. 6. 85                              |
| Kosmos-1654                |             | UdSSR   | 23. 5. 85 | 1985-39A   | 18    | +              | 181            | 305           | 80,7                   | 64,9                     | 7. 8. 85                              |
| Molnija 3 (Nr. 24)         |             | UdSSR   | 29. 5. 85 | 1985-40A   | 7     | +              | 405            | 40851         | 736                    | 62,8                     | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1655                |             | UdSSR   | 30. 5. 85 | 1985-41A   | 1     | +              | 998            | 1 030         | 105,1                  | 82,9                     | 1290 Jahre                            |
| Kosmos-1656                |             | UdSSR   | 30. 5. 85 | 1985-42A   | 5     | +              | 811            | 864           | 101,6                  | 71,1                     | 300 Jahre                             |
| Soyuz T-13                 | 6850        | UdSSR   | 6. 6. 85  | 1985-43A   | 2     | +              | 197            | 220           | 88,7                   | 51,6                     | 26. 9. 85                             |
| Kosmos-1657                |             | UdSSR   | 7. 6. 85  | 1985-44A   | 6     | +              | 195            | 313           | 89,2                   | 82,3                     | 21. 6. 85                             |
| Kosmos-1658                |             | UdSSR   | 11. 6. 85 | 1985-45A   | 3     | +              | 613            | 39 342        | 709                    | 62,8                     | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1659                |             | UdSSR   | 13. 6. 85 | 1985-46A   | 8     | +              | 210            | 379           | 90,1                   | 72,9                     | 27. 6. 85                             |
| Kosmos-1660                |             | UdSSR   | 14. 6. 85 | 1985-47A   | 1     | +              | 1 499          | 1 538         | 110                    | 73,6                     | 10 000 Jahre                          |
| STS-51G<br>(Discovery F6)  | 92086       | USA     | 17. 6. 85 | 1985-48A   | 3     | 21. 6. 85      | 350            | 392           | 91,84                  | 28,47                    | 24. 6. 85                             |
| Morocor-1                  | 645         | Mex.    | 17. 6. 85 | 1985-48B   |       | 10. 7. 85      | 35 772         | 35 800        | 1 435,97               | 0,13                     | Mill. Jahre                           |
| Arabsat-1B                 | 1270        | Arab.   | 17. 6. 85 | 1985-48C   |       | 11. 7. 85      | 35 783         | 35 833        | 1 435,94               | 0,08                     | Mill. Jahre                           |
| Telesat-3D                 | 1225        | USA     | 17. 6. 85 | 1985-48D   |       | 13. 7. 85      | 35 130         | 36 444        | 1 436,01               | 0,21                     | Mill. Jahre                           |
| Spartan-1                  | 1008        | USA     | 17. 6. 85 | 1985-48E   |       | 22. 6. 85      | 355            | 391           | 91,81                  | 28,47                    | 24. 6. 85                             |
| Kosmos-1661                |             | UdSSR   | 18. 6. 85 | 1985-49A   | 3     | +              | 613            | 40164         | 726                    | 62,8                     | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1662                |             | UdSSR   | 19. 6. 85 | 1985-50A   | 26    | +              | 478            | 521           | 94,5                   | 65,9                     | 5 Jahre                               |
| Prognos-24                 | 7020        | UdSSR   | 21. 6. 85 | 1985-51A   | 1     | +              | 193            | 270           | 88,8                   | 51,6                     | 15. 7. 85                             |
| Kosmos-1663                |             | UdSSR   | 21. 6. 85 | 1985-52A   | 8     | +              | 227            | 298           | 89,4                   | 82,3                     | 5. 7. 85                              |
| —)                         |             | UdSSR   | 21. 6. 85 | 1985-53  | 3     | 21. 6. 85      | 220            | 391           | 90,7                   | 64,4                     | 1985                                  |
| Kosmos-1664                |             | UdSSR   | 26. 6. 85 | 1985-54A   | 6     | +              | 207            |               | 90,3                   | 72,9                     | 5. 7. 85                              |
| Intelsat 5A-F11            | 2013        | USA     | 30. 6. 85 | 1985-55A   | 1     | 21. 7. 85      | 33 785         | 35 845        | 1 436,18               | 0,29                     | Mill. Jahre                           |

## Zum Beitrag S. 23: Jupiterbeobachtungen 1985

Abb. 1: (links): Gesamtkarte des Planeten Jupiter, zusammengestellt aus 13 Einzelzeichnungen vom 28. bis 30. August 1985. Instrument: Coudé-Refraktor 150/2250. Vergrößerung: 140fach. Beobachter: H.-J. Meitig.

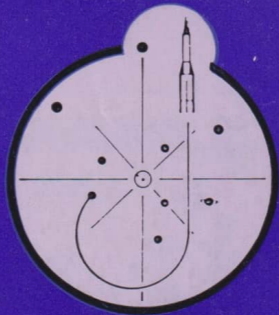
Abb. 2: Schematische Wiedergabe der Abb. 1 mit den wichtigsten im Text behandelten Objekten.





# 3416

# Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

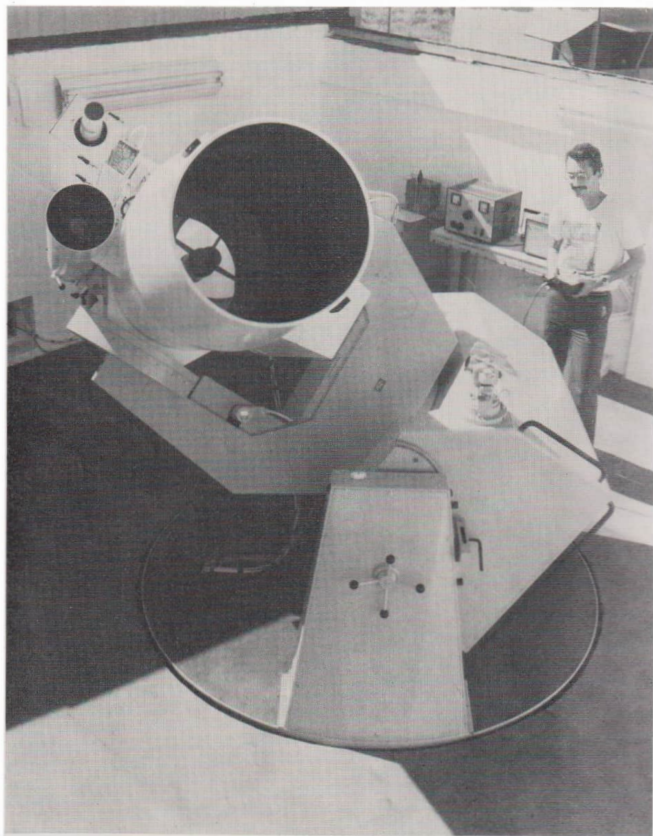
EV 1,50

1987 2



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





**Satelliten-Beobachtungs-Kamera mit Lasermeßsystem in der Station Santiago de Cuba, gebaut in Analogie zur Potsdamer Anlage durch die DDR in Kooperation mit der UdSSR und Kuba.**

***Umschl.-S.3:*** Intersputnik-Erdefunkstelle der Deutschen Post bei Neu Gollm für Betriebsfrequenzen von 4 und 6 GHz.

## Astronomie und Raumfahrt

### Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

### Redaktion:

**Chefredakteur:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx; – **Verantwortl. Redakteur:**  
Ol. Heinz Albert

**Astronomie:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx, Dipl.-Phys. W. Häupl;  
– **Raumfahrt:** Prof. Dr. sc. D.  
Möhlmann, Uwe Schmaling;  
– **Philosophie/Geschichte:** Dr. J.  
Hamel; – **Amateure:** Ing. A. Grün-  
berg, Dipl.-Phys. J. Rendel,  
StR A. Zenkert, B. Zill; –  
**Aus der Lit.:** J. Gasiecki; – **Re-  
zensionen:** Dipl.-Phys. M. Woche;  
**Red.-Sekr.:** Ing. W. Pohl  
**Zeichn.:** M. Schreiter

### Redaktionsitz:

9630 Crimmitschau,  
Straße der Jugend 8,  
Fernsprecher 3800

### Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Hefen.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, Straße der Pariser  
Kommune 3–4, Berlin 1004.  
Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presseamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDR, Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

### Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

Manuskripte sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionssitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

Der Nachdruck der in Astrono-  
mie und Raumfahrt veröffent-  
lichten Beiträge ist nur mit Zu-  
stimmung der Redaktion ge-  
stattet.

### Satz und Druck:

IV/20/14 Fachbuchdruck Nbg.

## INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 2

*Redaktion und Autoren würdigen mit diesem Heft*

## 20 Jahre INTERKOSMOS

|  |                      |        |
|--|----------------------|--------|
| 20 Jahre Beteiligung von DDR-Einrichtungen am Inter-<br>kosmos-Programm der sozialistischen Länder . . . . .   | Claus Grote          | 34     |
| Kosmische Physik . . . . .   | Autorenkollektiv     | 35     |
| Absorptionsphotometrische extraterrestrische Experi-<br>mente im ultravioletten Strahlungsbereich • Plasma-<br>sonden für Direktmessungen im erdnahen kosmischen<br>Raum • Das Einheitliche Telemetriesystem • Das IR-<br>Fourierspektrometer der Venusatmosphäre • Satelliten-<br>geodäsie • Die VEGA-Mission • Materialforschung unter<br>Mikrogravitation |                      |        |
| Kosmische Meteorologie . . . . .   | Autorenkollektiv     | 44     |
| Kosmische Nachrichtenverbindungen . . . . .  | Autorenkollektiv     | 45     |
| Kosmische Biologie und Medizin . . . . .   | Autorenkollektiv     | 48     |
| Untersuchungen während bemannter Raumflüge •<br>Biosatellitenexperimente • Modellexperimente   |                      |        |
| Fernerkundung der Erde . . . . .   | Autorenkollektiv     | 52     |
| Multispektraltechnik • Methoden der Fernerkundung •<br>Untersuchungen des Weltmeeres mit Berücksichtigung<br>des Einflusses der Atmosphäre • Untersuchung geolo-<br>gischer Strukturen • Digitales Bildverarbeitungssystem   |                      |        |
| Der erste gemeinsame bemannte Weltraumflug UdSSR-<br>DDR . . . . .   | Sigmund Jähn         | 56     |
| Vorschau auf Heft 3/1987 . . . . .   |                      | 59     |
| Geozentrische Planetenkoordinaten für Merkur, Venus und<br>Mars von Juni bis Juli 1987. . . . .  | Bernhard Koch        | 60     |
| Annotation • Anzeigen . . . . .  |                      | 60, 61 |
| Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen November/Dezem-<br>ber 1986 . . . . .  | André Koeckelenbergh | 61     |
| Unsere Autoren . . . . .   |                      | 61     |
| Raumfahrtstatistik 1985 (III). . . . .   | Bernhard Priesemuth  | 62     |

Redaktionschluß: 10. 1. 1987

Auslieferung an den PZV: 28. 4. 1987

### Bildseiten

**Titelbild:** Die Interkosmonauten Gorbato, Köllner, Bykowski  
und Jähn.

4. Umschl.-S.: Farbsynthese – Luftbild mit Zusatzdaten – herge-  
stellt mit dem multispektralen Hochleistungsaufnahmesystem  
MSK-4 für den Flugzeugeinsatz des VEB Kombinat Carl Zeiss  
Jena. Auf den freien Rand eines jeden mit der MSK-4 hergestell-  
ten Bildes werden ein geeichter Graukeil sowie eine große Anzahl  
von Zusatzdaten aufbelichtet

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1 – Bild mit Reseau markieren | 7 – Bildnummer        |
| 2 – Flugrichtungspfeil        | 8 – Belichtungszeit   |
| 3 – Reseau plattennummer      | 9 – Blende            |
| 4 – Graukeil                  | 10 – Positioniermarke |
| 5 – Kameranummer              | 11 – Notiztafel       |
| 6 – Kanalnummer               | 12 – Uhr              |

## 20 Jahre Beteiligung von DDR-Einrichtungen am Interkosmosprogramm der sozialistischen Länder

CLAUS GROTE

Der 4. Oktober 1957 war jener historische Tag, an dem die UdSSR das Tor in den Weltraum aufstieß:

Erstmals umrundete ein künstlicher Erdsatellit mit dem damals sensationellen Gewicht von 83 kg die Erde und funkte – für jeden Amateur vernehmlich – diesen Erfolg der sowjetischen Wissenschaft und Technik in die Welt. Millionen von Erdenbewohnern verfolgten diesen hellen und schnellen Lichtpunkt am klaren Abendhimmel. In den USA löste er den Sputnik-schock aus und versetzte der Selbstgefälligkeit und Überheblichkeit imperialistischer Strategien einen harten Schlag.

Mit weiteren unbemannten Satelliten und tierischen „Besatzungen“ wurden diese friedlichen Forschungen fortgesetzt, bis am 12. April 1961 der nächste Paukenschlag folgte: Der erste bemannte Weltraumflug des unvergessenen Juri Gagarin, welcher dabei das Wort vom blauen Planeten prägte.

Über weitere Stationen (Mehrfachbesatzungen, Gruppenflüge und Kopplungen) wurde im März 1965 durch den Ausstieg des ersten Kosmonauten in den freien Weltraum und das Verrichten entsprechender Arbeiten unter diesen Bedingungen der nächste Höhepunkt erreicht. Diese temporeiche Entwicklung löste in der Welt, so auch in der DDR und dabei besonders unter den Wissenschaftlern und Technikern Anerkennung und Hochachtung aus.

In diese Zeit und in diese Situation fiel das großzügige Angebot der Regierung der UdSSR an die Regierungen der anderen sozialistischen Staaten, sich an den Aktivitäten der sowjetischen Weltraumforschung zu beteiligen. Dies war praktisch die Geburtsstunde des späteren Interkosmosprogramms. 1 1/2 Jahre später, im April 1967 wurde in Moskau innerhalb einer speziell dazu einberufenen Beratung der Beschluß über den Beginn der Zusammenarbeit im Rahmen eines Programms zur gemeinsamen Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums angenommen, das später dann die Bezeichnung INTER-KOSMOS erhielt. Diese daraus resultierende Forschungsgemeinschaft, der jetzt 10 sozialistische Staaten angehören, ist Ausdruck der sich ständig vertiefenden ökonomischen Integration der RGW-Länder und der immer enger werden-

den Verflechtung ihrer Wirtschafts- und Wissenschaftspotentiale. Das arbeitsteilige Zusammenwirken im Interkosmosprogramm vollzieht sich dabei ganz im Zeichen des proletarischen Internationalismus. So stellt die Sowjetunion kostenlos die Trägermittel (Raketen, Satelliten) sowie die komplizierte und aufwendige Start- und Flugleittechnik zur Verfügung. Für die in internationalen Plandokumenten abgestimmten Einzelbeiträge hingegen ist jedes beteiligte Land sein eigener Kostenträger.

Die erzielten Forschungsergebnisse sind jedem Teilnehmerland zugänglich.

Die völkerrechtlichen Grundlagen dieser Zusammenarbeit bilden:

- das auf Regierungsebene abgeschlossene Interkosmosabkommen vom 14. Juli 1976
- der UNO-Weltraumvertrag von 1967
- die beiden UNO-Konventionen über die Schadenshaftung und die Registrierung von in den Weltraum entsandten Objekten.

Die Forschungstätigkeit im Rahmen des Interkosmosprogramms konzentriert sich gegenwärtig auf folgende Hauptrichtungen:

Kosmische Physik einschließlich Materialwissenschaften

Kosmische Meteorologie

Kosmische Nachrichtenverbindungen

Kosmische Biologie und Medizin sowie

Fernerkundung der Erde mit aerokosmischen Mitteln.

Für jedes Wissenschaftsgebiet gibt es eine ständige Arbeitsgruppe, der die Ausarbeitung der wissenschaftlichen Programme und Projekte, die Organisation der arbeitsteiligen Kooperation sowie die Planung, Koordinierung und Kontrolle der multilateral vereinbarten Forschungsaufgaben obliegt.

Als übergeordnete Leitungsebenen existieren in den einzelnen Teilnehmerländern nationale Koordinierungsorgane. Die einmal jährlich stattfindenden Beratungen der Vorsitzenden der nationalen Koordinierungsorgane stellen das höchste Entscheidungsgremium für das Interkosmos-Programm dar. Die Leiter der ständigen Arbeitsgruppen sind diesem Gremium rechen-schaftspflichtig. Die Vorsitzendenberatung arbeitet u. a. Richtlinien für perspektivische Weiterentwicklungen aus und bestätigt die Empfehlungen, Pläne und Berichte der Arbeitsgruppen. In der Zeit zwischen den Beratungen der Vorsitzenden der nationalen Koordinierungsorgane sichert der Rat Interkosmos bei der AdW der UdSSR die administrative Leitung und Koordinierung der gesamten Tätigkeit. Aus der Aufzählung der Hauptrichtungen der internationalen Zusammenarbeit im Rahmen des

Interkosmosprogramms wird bereits der interdisziplinäre Charakter der Kosmosforschung deutlich, die alle Gebiete der Erforschung und Nutzung des kosmischen Raumes umfaßt. Als wesentliches verbindendes Element der verschiedenen Fachrichtungen ist die Nutzung der spezifischen Bedingungen, die künstliche Raumflugkörper auf Grund ihrer Flugbahn bieten, anzusehen. Wissenschaftliche Aufgabenstellungen für kosmische Experimente kommen daher aus den verschiedenen naturwissenschaftlichen und medizinischen Disziplinen, für die das Experimentierfeld Weltraum durch die Entwicklung verschiedener technischer Disziplinen im Rahmen der Kosmotechnik zu erschließen ist. So kann die Kosmosforschung durch die breite Anwendung ihrer vielfältigen Mittel und Methoden zahlreiche naturwissenschaftliche, medizinische und technische Fachrichtungen beeinflussen, indem sie zum Teil prinzipiell neue Möglichkeiten erschließt oder vorhandene Forschungs- und Untersuchungsmethoden und -mittel wesentlich ergänzt. Die ständige Erhöhung des Niveaus und der Effektivität der Kosmosforschung erfordert deshalb zwingend, die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Zweigen der Kosmotechnik und den naturwissenschaftlichen Disziplinen weiter zu vertiefen sowie die Möglichkeiten der Kosmosforschung stärker in die Forschungsprogramme der entsprechenden Wissenschaftszweige einzubeziehen.

Die Parteiführung und die Regierung der DDR haben unserer Beteiligung an der Kosmosforschung immer große Aufmerksamkeit geschenkt und Unterstützung erwiesen. Mit der Zielstellung einer umfassenden Nutzung aller Möglichkeiten der Kosmosforschung zur weiteren Entwicklung unserer Wissenschaft und Volkswirtschaft bearbeitet die DDR bisher vorrangig die in den folgenden Artikeln erläuterten Aufgabengebiete, wobei in zunehmendem Maße die naturwissenschaftliche und technische Grundlagenforschung mit der Überführung von Ergebnissen in die volkswirtschaftliche Nutzung verbunden ist.

Die bisher im Rahmen des Interkosmosprogramms erzielten wissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Ergebnisse belegen eindrucksvoll, welchen Wert die internationale Kooperation bei der Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums besitzt. Die Möglichkeiten dieser friedlichen Forschungskooperation zu demonstrieren, ist zugleich unser Beitrag zum weltweiten Kampf gegen die Ausdehnung des Rüstungswettlaufs auf den Kosmos, gegen das SDI-Programm der USA-Regierung. Mit aller Entschiedenheit kämpfen wir dafür, den Weltraum weiter zum Wohle der Menschheit zu

erschließen und seinen Mißbrauch für imperialistische Weltherrschaftspläne zu verhindern.

(Vgl. dazu die Beiträge vom gleichen Autor und von einem Wissenschaftlerkollektiv der DDR in AuR 16 (1978) 6, 174—181. — Die Red.)

\*

**Die folgenden Übersichtsartikel wurden von AUTORENKOLLEKTIVEN erarbeitet.**

## Kosmische Physik

### Absorptionsfotometrische extra-terrestrische Experimente im ultravioletten Strahlungsbereich

Um die UV-Strahlung der Sonne zu messen und deren Absorption in der Hochatmosphäre der Erde zu erforschen, haben Wissenschaftler aus dem Institut für Kosmosforschung der AdW der DDR, die früher im Zentralinstitut für solar-terrestrische Physik tätig waren, UV-Strahlungsmeßgeräte entwickelt. Diese Geräte wurden auf den Satelliten Interkosmos 1, 4, 7, 11 und 16 sowie Kosmos 900 und bei vier Missionen auf geophysikalischen Raketen vom Typ „Vertikal“ eingesetzt.

Aus der Messung der höhenabhängigen Absorption der solaren UV-Strahlung in der Hochatmosphäre unserer Erde lassen sich deren spezielle Gasbestandteile bestimmen. Dabei wird ein Höhenbereich von ca. 30 bis 350 km über der Erdoberfläche erfaßt. Es erfolgten Messungen in drei verschiedenen Spektralbereichen:

- a) im Bereich der Lyman- $\alpha$ -Linie des atomaren Wasserstoffs mit einer Wellenlänge  $\lambda = 121,57 \mu\text{m}$  (Meßbereich 115 bis 135 nm); die Lyman- $\alpha$ -Linie des atomaren Wasserstoffs ist eine Resonanzlinie, die beim Übergang vom ersten angeregten Zustand in den Grundzustand ausgestrahlt wird;
- b) im Bereich des Schumann-Runge-Dissoziationskontinuums des molekularen Sauerstoffs (Meßbereich 135,5 bis 158 nm); die Strahlung aus diesem Bereich führt zu einer Dissoziation des molekularen Sauerstoffs in der Hochatmosphäre;
- c) im Bereich der Hartley-Bande des Ozons (Meßbereich 250 bis 320 nm); die Strahlung aus diesem Bereich führt zu einer Dissoziation des Ozons.



Die Prinzipskizze (Bild-S. III, oben) verdeutlicht die Meßmethode. Diese Experimente wurden auf sonnenorientierten Satelliten durchgeführt, deren Geräteplattformen sehr genau auf das Zentrum der Sonne ausgerichtet waren. Bei den Absorptionsexperimenten interessiert die Flugphase des Satelliten kurz vor seinem Eintauchen in den Erdschatten. Dabei passiert die solare Strahlung zunehmend tiefere Atmosphärenschichten. Die Absorption wird zunehmend stärker, bis keine Strahlung mehr hindurchgelangt.

Die Strahlung wird in Abhängigkeit von der Wellenlänge in unterschiedlichen Höhenbereichen der Atmosphäre absorbiert. Die UV-Absorptionmessungen liefern Informationen über spezielle Bestandteile der Hochatmosphäre in den entsprechenden Höhenbereichen, in denen die Absorption auftritt.

Aus der Absorptionskurve der Lyman- $\alpha$ -Linie läßt sich mit speziellen Auswertalgorithmen ein  $O_2$ -Dichteprofil im Höhenbereich von etwa 85 bis 140 km und aus der Absorptionskurve im Schumann-Runge-Bereich im Höhenbereich von 135 bis 250 km ableiten. Aus der Absorptionskurve im Bereich der Hartley-Bande erhält man ein Ozondichteprofil für den Bereich von 60 bis 100 km über der Erdoberfläche. Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich auch aus relativen Flußmessungen mit vertretbarem theoretischem Aufwand absolute Teilchenzahl-dichten errechnen.

Die Methode der UV-Strahlungsabsorption wurde auch zur Bestimmung von speziellen Gasbestandteilen erfolgreich in der Volkswirtschaft eingesetzt. Dabei kamen sowohl optische Elemente als auch andere Baugruppen zum Einsatz, die ursprünglich für die Belange der Raumforschung entwickelt worden sind.

Für eine Reihe von Gasen, die im UV-Spektralbereich absorbieren, lassen sich damit einfache Meßanordnungen für deren quantitativen Nachweis entwickeln.

## Plasmasonden für Direktmessungen im erdnahen kosmischen Raum

Die Interkosmos-Zusammenarbeit schuf die Voraussetzungen, um neben der langjährigen indirekten Sondierung des Ionosphärenplasmas auf der Grundlage der Ausbreitung von Radiowellen, in der DDR mit der Entwicklung von Plasmasonden und deren Einsatz auf Satelliten und Raketen Direktmessungen von Plasma-parametern durchzuführen. Durch die Kopplung beider Meßverfahren gelangte man zu einer entscheidenden Vermehrung der exakten Kennt-

nisse der ionosphärischen Parameter sowie zu einer tieferen Einsicht in die ionosphärischen Vorgänge.

Auf dem Satelliten Interkosmos-2 erfolgte 1969 der Einsatz des Senders Majak (20 und 30 MHz) zur Bestimmung des Elektronenanteils der Ionosphäre aus Ausbreitungsmessungen. Diese Experimente wurden 1972 auf dem Satelliten Interkosmos-8 wiederholt.

Gleichzeitig kam auf „IK-8“ ein in der DDR entwickelter analoger Datenzwischenspeicher PSV für die Aufzeichnung von Langmuirsondendaten an Bord des Satelliten für die globale Erfassung von Ionosphärenparametern zum Einsatz.

Die Satellitenmissionen „IK-2“ und „IK-8“ hatten das Ziel, die bereits 1947 mit Hilfe bodengebundener Meßverfahren erkannte äquatoriale Anomalie genauer zu untersuchen.

Im Ergebnis dieser Experimente gelang der Nachweis der nächtlichen äquatorialen Anomalie auch in Höhen oberhalb 1000 km, und es konnte der Charakter der geomagnetischen Steuerung dieser charakteristischen Erscheinung der Ionosphäre geklärt werden.

Auf den geophysikalischen Raketen Vertikal-1 bis Vertikal-4 wurde neben den Fotometern auch die Hochfrequenzplasmasonde RES zur Bestimmung des Höhenprofils der Elektronenkonzentration installiert. Gleichzeitig wurde am Startplatz der Raketen eine in der DDR entwickelte bodengebundene Absorptionsmeßanlage im Frequenzbereich von 1 bis 6 MHz zur Bestimmung der Stoßfrequenz der Elektronen eingesetzt. Diese Messungen dienten der zielgerichteten Klärung einer Reihe von aeronomischen Fragestellungen. Analoge Messungen mit der Hochfrequenzplasmasonde RES erfolgten auch auf dem Satelliten IK-12 im Jahre 1974.

Auf dem Satelliten IK-10 (1973), der der Untersuchung niederfrequenter elektromagnetischer Wellen sowie ihrer Entstehung und Ausbreitung in der Ionosphäre und Magnetosphäre der Erde diente, wurde ein an der AdW der DDR entwickeltes Langmuirsondenmeßsystem eingesetzt. Es ermöglichte infolgedessen direkten Kopplung mit einem autonomen Telemetriesystem räumlich hochaufgelöste Messungen der Elektronenkonzentration und der Elektronentemperatur.

Neben detaillierten Daten zur Struktur des Ionosphärentrages wurden im Prozeß der rechnergestützten Datenauswertung umfangreiche Erfahrungen für den künftigen Einsatz von Langmuirsonden gesammelt. Sie fanden ihren Niederschlag bei der konzeptionellen Gestaltung der Langmuirsondenexperimente auf dem Magnetosphärensatelliten MAGIK (IK-18), der 1978 gestartet wurde, und der als Nachfolgesatellit

für den Satelliten IK-10 die dort gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Magnetosphäre vertiefte.

Auf der Grundlage der beim Einsatz auf dem MAGIK gewonnenen Erfahrungen wurde die Konzeption für ein weiterentwickeltes Langmuirsondenexperiment erarbeitet, das z. Z. in Vorbereitung ist.

### Das Einheitliche Telemetriesystem

Im Jahre 1976 fand mit dem Start des Satelliten IK-15 der erste Einsatz des Einheitlichen Telemetriesystems ETMS statt, das in enger Kooperation zwischen der UdSSR, der UVR, der ČSSR und der DDR entwickelt wurde. Dieser Einsatz diente der technologischen Erprobung des ETMS. Gleichzeitig wurde die Organisation des Empfangs der ETMS-Signale an den Bodenstationen in der UdSSR und der DDR erprobt.

Die erfolgreiche Durchführung der technologischen Erprobung auf dem Satelliten IK-15 schuf die Voraussetzungen für den Einsatz des ETMS auf dem Satelliten AUOS-MAGIK (IK-18). Dabei wurde der Datenempfang des ETMS in Neustrelitz, Budapest, Havanna und Norilsk (UdSSR) organisiert und technisch abgesichert.

In der DDR wurden der Wortformungsblock und die Bandspeicher des Systems sowie ein Zentralblock entwickelt, der die Aufgabe hatte, die Telemetrie im Speicheregime an die Forderungen der Experimentatoren anzupassen. Dadurch war es möglich, trotz relativ niedriger Datenrate die Meßkurven mehrerer Plasmasonden und des Massenspektrometers mit hoher Auflösung zu übertragen.

Die DDR beteiligte sich an der Ausrüstung einiger Interkosmosländer mit ETMS-Bodenstationen:

- So erfolgte 1976 die Montage und Inbetriebnahme der kubanischen ETMS-Bodenstation in Havanna und gleichzeitig eine Ausbildung kubanischer Spezialisten für den Betrieb der Station.

- Anfang 1977 wurde die bulgarische ETMS-Bodenstation in Stara-Zagora montiert und durch erste Funktionstests erfolgreich in Betrieb genommen.

- Ende 1977 wurde in Berlin eine mobile ETMS-Empfangsstation an sowjetische Experten zum Empfang der ETMS-Daten des Satelliten IK-18 in Norilsk, im hohen Norden der UdSSR, übergeben.

- Im Jahre 1980 wurde eine ETMS-Bodenstation an die MVR übergeben und von DDR-Experten in Betrieb genommen.

- Im selben Jahr erfolgten die Überführung und

die Montage von Geräten für eine ETMS-Bodenstation am Observatorium in Ondrejov (ČSSR). Gemeinsam mit der UVR wurden rechnergestützte Methoden zur Prüfung von Bordsystemen erarbeitet. Diese Methoden wurden bei der Entwicklung des Datensammelsystems SSPI für die Fernerkundung der Erde genutzt.

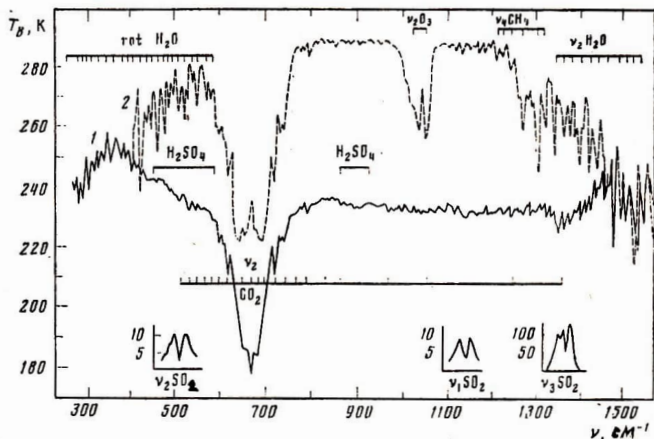
Sie fanden ebenfalls Anwendung für die Prüfung mikroelektronischer Bauelemente im Produktionsprozeß beim Kombinat Mikroelektronik. Die theoretischen Grundlagen, die für die Optimierung der Bodenempfangsstationen sowie für die adaptive Regelung von Experimenten erarbeitet wurden, sind entsprechend den Möglichkeiten der modernen Mikroelektronik weiterentwickelt und zur Lösung verschiedener Regel- und Steuerungsaufgaben in wissenschaftlichen Gerätebau sowie in der Industrie genutzt worden.

### Das Infrarot-Fourierspektrometer zur Erforschung der Venusatmosphäre

Ein Höhepunkt der Mitarbeit der DDR in der Ständigen Arbeitsgruppe „Kosmische Physik“ der Interkosmos-Kooperation war das erste DDR-Tiefraum-Experiment mit dem Einsatz eines an der Akademie der Wissenschaften entwickelten und gebauten Infrarot-Fourierspektrometers auf den sowjetischen interplanetaren Stationen Venera-15 und Venera-16. Die wissenschaftlichen Ziele dieses bisher einmaligen Experimentes bestanden in der gleichzeitigen Ableitung

- der thermischen Schichtung der Venus-Atmosphäre im Höhenbereich von 60 bis 95 km
- der Lage des Wolkenoberrandes und der Teilchenverteilung in der oberen Wolkenschicht
- der Konzentration von Spurenstoffen im Bereich des Wolkenoberrandes.

Ausgehend von dem erfolgreichen Einsatz von in der DDR entwickelten Infrarot-Fourier-Spektrometern an Bord von drei sowjetischen Wettersatelliten des Typs „Meteor“ wurde im Institut für Kosmosforschung, im Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie sowie im Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der AdW ein IR-Fourierspektrometer für den Wellenlängenbereich von 6 bis 40 nm bzw. 6 bis 25 µm für den Einsatz auf Venera-15 bzw. Venera-16 konzipiert und gebaut. Dabei wurden bedeutende Weiterentwicklungen realisiert, die in einer nichtthermetischen Konstruktion sowie dem Einsatz eines geräteinternen Mikroprozessors für die Fourier-Transformation der Interferogramme im Echtzeit-Betrieb bestanden. Diese erstmals im Weltmaßstab realisierte



Spektren der infraroten Ausstrahlung von Venus (1) und Erde (2), dargestellt in Helligkeitstemperaturen. Spektrum 1 wurde von Venera 15 am 17. 11. 1983 in niedrigeren Breiten gemessen, Spektrum 2 von Meteor 28 ebenfalls mit einem Fourier-Spektrometer der AdW am 5. 7. 1977 über Südfrankreich in der Nacht.

Gerätecharakteristik ermöglichte die Übertragung kompletter Spektren mit einer spektralen Auflösung von  $7 \text{ cm}^{-1}$  zur Erde, wodurch die Fehlerrate wesentlich gesenkt wurde. Bei der Bodenbearbeitung der übertragenen Interferogramme betrug die spektrale Auflösung der Spektren  $5 \text{ cm}^{-1}$ . Mit diesen Parametern verkörpert das Gerät Weltstand gegenüber den USA-Fourierspektrometern, die bei der Erkundung von Erde, Mars, Jupiter und Saturn eingesetzt wurden.

In enger Kooperation mit dem Institut für Kosmosforschung der AdW der UdSSR erfolgte die Einsatzvorbereitung des Gerätes auf den Sonden Venera-15 und Venera-16. Nach dem erfolgreichen Start im Juni 1983 schwenkten beide im Oktober 1983 in polnahe Umlaufbahnen um die Venus ein. Durch diese Wahl der Umlaufbahnen war es möglich, die meridionale Variation der IR-Ausstrahlung der Venus direkt zu untersuchen. Da auf beiden Satelliten außer dem ein Radargerät zur Kartierung der Venusoberfläche installiert war, wurde Venera-15

vorrangig für Fourier-Spektrometer-Messungen eingesetzt. Vom 12. Oktober bis 14. Dezember 1983 wurde mit Venera-15 während 49 Umrundungen der Venus mehr als 1500 Spektren der IR-Ausstrahlung, die größtenteils an Bord berechnet wurden, gewonnen. Mit diesem einmaligen Meßmaterial in der sehr guten räumlichen Auflösung von ungefähr  $100 \times 100 \text{ km}^2$  wurde nahezu die Hälfte der Nordhemisphäre erfaßt. Gegenüber dem 1978/1979 von den USA durchgeführten IR-Radiometer-Experiment erlauben Spektren eine wesentlich komplexere, genauere und eindeutige Interpretation. Die gemeinsame Arbeit zur Entwicklung von IR-Fourier-Spektrometern für die Erforschung der Venus-Atmosphäre und deren Einsatz auf den sowjetischen Tiefraumsonden Venera-15 und Venera-16 wurde mit dem gemeinsamen Preis der Präsidenten der AdW der UdSSR und der AdW der DDR ausgezeichnet.

Die wissenschaftliche Interpretation des Fourier-Spektrometer-Experiments wird in arbeitsteiliger Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Heinrich-Hertz-Institut für Atmosphärenforschung und Geomagnetismus der AdW der DDR, dem Meteorologischen Dienst der DDR sowie dem Institut für Kosmosforschung der AdW der UdSSR durchgeführt, wobei für die Erarbeitung der Primärdaten des Experiments die DDR-Seite die Auswertalgorithmen zur Verfügung stellte. Erstmals in der Geschichte

der Venusforschung konnte der vollständige Verlauf der Absorption in der 15  $\mu\text{m}$ -Bande des  $\text{CO}_2$ , die Wasserdampf-Absorption von 260 bis 400  $\text{cm}^{-1}$  und die Absorption weiterer Spurengase wie  $\text{SO}_2$  bei 517 und 1360  $\text{cm}^{-1}$  in hoher spektraler Auflösung gemessen werden (s. Abb.). Daraus resultiert eine Vielzahl neuer Ergebnisse, z. T. mit Erkenntnischarakter, deren Aufzählung leider zu umfangreich wäre.

### Satellitengeodäsie

Die Nutzung künstlicher Erdsatelliten hat ganz entscheidende Fortschritte bei der Lösung der grundlegenden Aufgaben der Geodäsie gebracht. Die Vermessung globaler geodätischer Festpunktfelder wurde überhaupt erst ermöglicht, und bestehende großräumige astrogeodätische Netze konnten mit Hilfe von übergeordneten Satellitennetzen wesentlich verbessert werden. Die Genauigkeit der Kenntnis des Schwerfeldes der Erde hat sich durch satellitengeodätische Methoden um mehrere Größenordnungen verbessert. Die gegenüber den klassischen Verfahren entscheidend erhöhte Genauigkeit ermöglicht die umfassende Untersuchung von Deformationen der Erdkruste und von anderen geodynamischen Erscheinungen.

Eine Grundlage für die in den letzten Jahrzehnten erreichten Fortschritte war die Kooperation im Rahmen von Interkosmos, auf deren Basis im Zentralinstitut für Physik der Erde (ZIPE) der AdW der DDR international stark beachtete Ergebnisse erzielt wurden.

Ein zentrales Problem der Nutzung künstlicher Erdsatelliten in der Geodäsie ist die Bestimmung ihrer Position mit Hilfe von Beobachtungen. Mögliche Meßgrößen sind die räumliche Richtung, die Entfernung oder die Entfernungsänderung des Satelliten pro Zeiteinheit in bezug auf eine Station auf der Erde oder einen anderen Satelliten. Die ersten in größerem Umfang geodätisch genutzten Messungen waren photographische Richtungsmessungen zu Satelliten. Mit einer im ZIPE entwickelten Kamera wurde z. B. in den Jahren 1967/68 das Azimut zwischen den Stationen Riga und Sofia mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,3''$  aus Satellitenbeobachtungen abgeleitet. Die in den Jahren 1968/69 auf dem Helmerdturm des ZIPE in Potsdam in Betrieb genommene Automatische Kamera für Astrogeodäsie (SBG) des VEB Carl Zeiss Jena erreichte für die Richtungsmessung zu Satelliten die Spitzengauigkeit der photographischen Technik von besser als  $\pm 1''$ .

Die wachsenden Genauigkeitsanforderungen führten schon sehr bald zur Entwicklung eines Zusatzgerätes zum SBG für Laserentfernungs-

messungen zu künstlichen Erdsatelliten. Hierbei wurde das Hauptteleskop als Empfänger der vom Satelliten reflektierten Lasersignale benutzt. Die ersten Messungen gelangen Anfang 1974; die Meßgenauigkeit betrug  $\pm 1,5$  m. Zur Beobachtung sehr schwacher Satelliten bzw. zur Blindbeobachtung (auch bei Tageslicht) mußten die Steuerung verbessert und eine präzise Positionierung ermöglicht werden. Parallel dazu waren genauere Vorausberechnungen der Satellitenbahn erforderlich, um eine hohe Treffsicherheit zu gewährleisten. Inzwischen ist das Meßsystem zu einem Gerät der 2. Generation weiterentwickelt worden. Einige technische Parameter des Rubinlasers sind: Impulsbreite 4 ns, ausgesendete Energie ca. 200 mJ, Strahldivergenz  $\geq 20''$  (variabel), Schußfolge 15/min. Die seit einigen Jahren erhaltenen Routinemessungen zeigen eine Genauigkeit von  $\pm 30$  cm für Satelliten mit Bahnhöhen von 1000 km bis 6000 km. Ein gleichartiges Gerät wurde für die Station Santiago de Cuba gebaut (s. Umschl.-S. 2). In den ersten Jahren wurden in Erweiterung herkömmlicher Triangulationen mit Hilfe der geometrischen Methode der Satellitengeodäsie Richtungen zwischen weit entfernten Punkten auf der Erde bestimmt. Der Satellit diente dabei nur als gemeinsamer Zielpunkt, dessen unbekannte Position durch simultane Beobachtung von mindestens zwei Stationen eliminiert wurde. Durch Fortführung mit weiteren Punkten konnte eine Triangulationskette aufgebaut werden. Wurde mindestens eine Seite gemessen, so war es möglich, relative Koordinationsbeziehungen auf der Erdoberfläche zu bestimmen. Wesentlich umfassender (aber auch aufwendiger) ist die dynamische Methode der Satellitengeodäsie, bei der die Bahnbestimmung eine wesentliche Grundlage ist. Neben den geometrischen Beziehungen können auch alle physikalischen Parameter der Erde, die die Bahnbewegung des Satelliten beeinflussen, aus den Bahnanalysen abgeleitet werden. Als Grundlage für derartige Untersuchungen wurde in den letzten 15 Jahren am ZIPE ein umfassendes und hochpräzises Computerprogramm zur Bahnbestimmung künstlicher Erdsatelliten erarbeitet. Die jetzige Ausbaustufe - POTSDAM-5 - erreicht im Fall des Satelliten LAGEOS eine Bahngenauigkeit von  $\pm 10$  cm für Bahnbogenlängen von mehreren Tagen bis zu einem Monat. Anhand neuester, innerhalb des internationalen MERIT-Projektes gewonnener weltweiter präziser Laser-Entfernungsmessungen, wurden mit Hilfe dieses Programmsystems die Koordinaten der Meßstationen in einem auf das Geozentrum bezogenen Koordinatensystem mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$  cm bestimmt.



Aus der Messung von terrestrischen Entfernungen über mehrere tausend Kilometer hinweg mit gleicher Genauigkeit konnten Deformationen der Erdkruste, Effekte der Erd- und Meereszeiten sowie einige Parameter des Schwerfeldes der Erde exakter ermittelt werden.

Die Ergebnisse bestätigen die großen, sich ständig erweiternden Möglichkeiten der Satellitengeodäsie für praktische Anwendungen und geowissenschaftliche Untersuchungen.

### Die VEGA-Mission

Am von der Sowjetunion angeregten und vorbereiteten internationalen Raumflugprojekt VEGA beteiligte sich die DDR mit bodengebundener Technik. Sie stellte einen im Zentralinstitut für Astrophysik der AdW der DDR geschaffenen Kollimator zur Eichung der beiden CCD-Kamerasysteme zur Verfügung. Weiterhin übernahm sie einen wesentlichen Teil der Bildverarbeitung und -auswertung. Zu diesem Zwecke wurden im internationalen Bildverarbeitungslabor der sowjetischen Akademie der Wissenschaften in Moskau zwei Bildverarbeitungssysteme des Typs BVS A 6472 vom VEB Kombinat Robotron in einer Variante mit je acht Bildspeichern installiert. Die für die Bildauswertung mit diesen Systemen notwendige thematische Software wurde am Institut für Kosmosforschung sowie anderen Akademieinstituten unseres Landes entwickelt.

Die mit Hilfe von zwei CCD-Kamerasystemen aufgenommenen Bilder vom Kometen Halley wurden mit einer Übertragungsrate von 64 k Bit/s sofort zur Erde übertragen.

Infolge der großen Entfernung von den Sonden zur Erde brauchten die Funksignale für eine Übertragungsstrecke rund 9 Minuten, in denen sie kosmischen Störungseinflüssen ausgesetzt waren. Deshalb war es erforderlich, die dabei entstehenden Fehler zu beseitigen, d. h. eine Bildrestauration und -retusche vorzunehmen, um Fehlzeilen und -punkte, das gerätebedingte Rauschen sowie Bewegungsunschärfen zu eliminieren.

Die beiden VEGA-Sonden lieferten in direkter Übertragung über 1100 Bilder in 6 verschiedenen Spektralbereichen. Die erste Auswertung war auf die Aufnahmen beschränkt, die zum Zeitpunkt der größte Annäherung entstanden, da man von ihnen den größten Erkenntnisgewinn für die Physik und Morphologie des Kometenkerns erwartete.

Parallel dazu beteiligte sich die DDR an astronomischen Beobachtungen des Kometen Halley sowie an plasmaphysikalischen und stoffanalytischen Auswertungen der von den VEGA-Sonden erhaltenen Daten.

Folgende Ergebnisse des DDR-Beitrages an diesem beispielgebenden internationalen Projekt zur friedlichen Erforschung des Kosmos sollen hervorgehoben werden:

- Während der Expreßbearbeitung der Bild-daten in Moskau konnte erstmalig der Kern des Kometen Halley nachgewiesen und sichtbar gemacht werden (s. AuR 24 (1986) 5, Titelbild). Es zeigte sich, daß es sich beim Kern des Kometen Halley, im Widerspruch zu bisherigen Vorstellungen, um einen mehr langgestreckten, ellipsoidförmigen, als einen kugelförmigen Körper handelt. Für den Kern, dessen größte Ausdehnung rund 14 km beträgt, wurde eine Rotationsdauer von 52,2 h bestimmt. Weiterhin wurde festgestellt, daß sich die Mehrheit der aktiven Gebiete auf der der Sonne zugewandten Seite befindet und die Ausgasungen der Kometenmaterie jet-artig hauptsächlich in Richtung der Sonne erfolgen.

- Um mögliche Strukturen auf der Oberfläche des Kometenkerns nachzuweisen, wurden die vom Rauschen befreiten Aufnahmen mit unterschiedlichen Filteralgorithmen bearbeitet. Die damit gewonnenen verschiedenen Ergebnisbilder eines Ausgangsbildes wurden zwecks Überlagerung auf dem Farbmonitor einzeln über die drei Farbkanäle (rot, grün, blau) des Bildverarbeitungssystems geschaltet. Bei den auf diese Weise synthetisierten Bildern sind Hinweise auf linienartige und ringförmige Strukturen auf der Kometenoberfläche zu erkennen. Vermutlich handelt es sich bei diesen Strukturen um thermomechanisch hervorgerufene Risse in der Kometenoberfläche, aus denen Gas und Staub austritt.

- Es konnte der Nachweis erbracht werden, daß die Kometenmaterie aus demselben Materiereservoir stammt wie das Sonnensystem.

- Die mathematisch-physikalische Modellierung des Plasma-Neutralgas-Wechselwirkungsprozesses bei der Umströmung des Kometen führte zur Ableitung experimentell bestätigter Strukturen in kometaren Plasmen.

### Materialforschung unter Mikrogravitation

Die Untersuchung von Werkstoffen und die Verbesserung ihrer Gebrauchseigenschaften nimmt seit Jahrhunderten eine zentrale Stellung in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft ein. Die wissenschaftlich-technische Revolution machte die Materialforschung zu einer Wissenschaft, die in entscheidendem Maße die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes durch Anwendung von Spitzentechno-

logien bestimmt. Neue Materialien, Werkstoffe und Technologien verlangen auch die Erschließung neuer Experimentierfelder. Das Vordringen des Menschen in den erdnahen kosmischen Raum bot erstmalig die Möglichkeit, diese ungewohnten, terrestrisch teils nicht erreichbaren physikalischen Umgebungsbedingungen zielgerichtet für die Materialforschung auszunutzen.

Die Ära der kosmischen Materialwissenschaften begann 1969 mit dem ersten Schweißversuch V. Kubassows außerhalb eines Sojus-Raum-schiffes. Der gemeinsame Raumflug UdSSR-DDR 1978 gab Materialwissenschaftlern unseres Landes erstmals Gelegenheit, im Rahmen des wissenschaftlichen Begleitprogramms verschiedenartige Experimente zur gerichteten Erstarrung von Legierungen, zur Kristallzüchtung aus der Gasphase sowie zum Schmelzen und Erstarren von Gläsern durchzuführen. Diese ersten eigenen Schritte waren geprägt durch die Erwartung, Probleme der Materialherstellung, die irdisch durch die Gravitationskraft diktiert werden, durch den Übergang in die Schwerelosigkeit zu beseitigen.

Die Experimente brachten eine Fülle wissenschaftlicher Ergebnisse. Die wissenschaftlich im irdischen Labor herausgearbeiteten Erwartungen über die Wirkung des Überganges zur Mikrogravitation wurden im Prinzip bestätigt. Gleichzeitig mußte jedoch festgestellt werden, daß bisher zweitrangig hinter den Gravitationskräften angesetzte Wirkungskräfte auf die Vorgänge in fluiden Medien einen wesentlich größeren Einfluß haben, als bis dahin angenommen. Dies führte zu einem sehr starken Anwachsen der theoretischen und experimentellen Untersuchung der Wirkung von Grenzflächenspannungen, den Marangonikräften und Instabilitäten.

Hoffnungen über eine sensationelle Verbesserung von Werkstoffeigenschaften erfüllten sich beim Übergang in den Kosmos nicht. Die Bedeutung der Kosmosexperimente lag zunächst und liegt auch heute noch vorrangig in der Anwendung der erzielten Erkenntnisse in irdischen Technologien. Für einige Spizertechnologien und Meßverfahren ist jedoch heute die Durchführung im Kosmos von entscheidender Bedeutung.

Alle materialwissenschaftlichen Experimente im Kosmos nutzen von den „neuen“ physikalischen Bedingungen nur die reduzierte Gravitation von ca.  $10^{-2}$ ... $10^{-4} g_0$  ( $g_0$  = Erdbeschleunigung) aus. Das Vakuum des Weltraumes (ca.  $10^{-4}$  Pa im Sog einer Prallplatte) und die dort herrschenden Temperaturen (–200...200°C) lassen sich mit geringem Aufwand auch in Erdlabora-

torien herstellen, Mikrogravitation ist aber für längere Zeiten, wie sie für die Materialherstellung (Kristallisations-, Diffusionsprozesse) benötigt werden, allein im Weltraumlabor erreichbar.

Die Effekte der Mikrogravitation ( $\mu g$ ) kommen nur in fluiden Medien, d. h. im flüssigen oder gasförmigen Zustand zur Geltung, da im Festkörper die intermolekularen Kräfte die Gravitationskräfte um Größenordnungen übertreffen. Die Auswirkungen folgender Konsequenzen von  $\mu g$  werden bei der kosmischen Materialherstellung wissenschaftlich erforscht

- fehlendes Gewicht und damit fehlender hydrostatischer Druck
- fehlender Auftrieb, keine Sedimentation in Fluiden mit Komponenten unterschiedlicher Dichte
- keine natürliche Konvektion auf Grund von Dichteschwankungen.

Der fehlende hydrostatische Druck hat zur Folge, daß Schmelzen behälterlos gehalten werden können. Kontakte zu Behälterwänden vermieden bzw. stark reduziert werden und Schmelzonen bei gleichen Abmessungen wie auf der Erde wesentlich höhere mechanische Stabilität aufweisen. Damit sind höhere konstitutionelle Unterkühlungen erreichbar. Verminderter Wandkontakt erniedrigt die heterogene Keimbildung bei Erstarrungsvorgängen ohne Keimvorgabe.

Auftrieb und Sedimentation sowie natürliche Konvektion sind schwerkraftabhängige Transportprozesse, die bei Erstarrung und Kristallwachstum entscheidend die geometrische Phasenverteilung, strukturelle Perfektion und chemische Zusammensetzung bestimmen. Ihr Fehlen erhöht einerseits den relativen Anteil diffusiver Vorgänge am Kristallwachstum, läßt aber andererseits schwächere schwerkraftunabhängige Transportprozesse, wie Erstarrungskonvektion durch Volumensprung und Marangonikonvektion durch Gradienten der Grenzflächenspannung infolge von Temperaturunterschieden deutlicher hervortreten.

Experimente durch gerichtete Erstarrung von Bi-Sb bei horizontaler Lage der Züchtungsampulle im Labor und in einer gleichen Ampulle im Ofen „Kristall“ im Kosmos erbrachten eindeutige Resultate zur Vermeidung der natürlichen Konvektion. Die Sb-Verteilung im Laborversuch entspricht einer PFANN-Verteilung. Sie ist Ergebnis einer vollständigen Durchmischung der Schmelze, die nur durch natürliche Konvektion möglich war, da die Stablänge von ca. 20 mm die Diffusionslänge signifikant über-

steigt und die Schmelze an der Wand anlag, so daß keine Marangonikonvektion möglich war. Die konstante Sb-Konzentration in Stabmitte im Kosmosexperiment ist Zeichen des diffusionskontrollierten Einbaus des Dotierungselementes.

Die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des kosmischen Bi-Sb-Kristalls und der weiteren Substanzen aus anderen Experimenten dieser Gruppe erbrachten keine Unterschiede zu den irdischen Parallelproben. Damit kann festgestellt werden, daß Schwerelosigkeit zwar ein relevanter, aber in ihren Auswirkungen kein alles überdeckender Faktor ist. Sie kann nur dann zur Geltung kommen, wenn auch alle anderen Einflußgrößen optimiert sind. Das Experiment Bi-Sb-Te z. B. macht deutlich, daß vorhandene freie Oberflächen durch Marangonikonvektion zu zellularem Wachstum führen und die damit entstehenden Mikroinhomogenitäten eigenschaftsbestimmend sind.

Wertvolle Hinweise für die Züchtungstechniken im Kosmos erbrachten andere Schmelzexperimente. Die fehlende Schwere verlangt eine besondere Gestaltung der Ampulle im Hinblick auf die Keimauswahlbereiche. Geringerer Wandanpreßdruck bedingt bei der Züchtung ohne Keimvorgabe größere Unterkühlungen und damit zelluläre oder dendritische Erstarrung im Anfangsbereich.

Die Transportmechanismen in der Gasphase können bei der Kristallzüchtung über chemischen Transport für Wachstumsgeschwindigkeit, Realstruktur, chemische Zusammensetzung und Stöchiometrie der Kristalle mitbestimmend sein. Am System Ge (J) wurde im BEROLINA-Komplex die Druckabhängigkeit der Transportrate untersucht. Während unter Laborbedingungen ab 0,3 MPa die Transportrate monoton ansteigt, bleibt sie im Kosmosexperiment im untersuchten Druckbereich bis ca. 0,7 MPa konstant. Im irdischen Labor wird der Substanztransport an der oberen Grenze zu 90 % durch natürliche Konvektion bestimmt. Dieses Experiment lehrt, daß die realisierten Experimentbedingungen im Kosmos einen diffusionskontrollierten chemischen Transport brachten. Diese Ergebnisse widerlegen die Schlußfolgerungen von WIEDEMEIER aus analogen Versuchen im SKYLAB und auf APOLLO-SOJUS, in denen diese rein diffusiven Bedingungen nicht eingestellt werden konnten.

Unterschiedliche Morphologien der Wachstumsfläche ergaben sich im Sublimationsexperiment PbTe. Bei einer Quelltemperatur von 850°C beobachtete man im  $\mu\text{g}$ -Versuch prismatische Wachstumssäulen (s. Bild-S. I, oben re.); bei

750°C dagegen findet man auf der Wachstumsfläche zahlreiche Minitropfen (Bild-S. I, unten). Bei der niedrigeren Quelltemperatur hat somit vermutlich keine Sublimation mehr stattgefunden, sondern die Abscheidung einer flüssigen Phase, die infolge der Mikrogravitation und der Wirkung der Oberflächenspannung vor der Erstarrung Tröpfchen bildete.

Schwierigkeiten bereiten beim Erschmelzen von Spezialgläsern Inhomogenitäten (z. B. Blasen), die Verteilung dieser Inhomogenitäten durch natürliche Konvektion auf die gesamte Schmelze, Phasentrennvorgänge und heterogene Keimbildung durch Wandkontakt und die erwähnten Inhomogenitäten. Die Überwindung dieser Schwierigkeiten war Zielstellung im Experiment Glas.

Im Querschnitt durch die zylindrische Schmelzprobe zeigt sich ein Blasenring mit etwa halbem Tiegeldurchmesser, in dem die Blasendichte nach außen zum Tiegelrand schnell abnimmt (s. Bild-S. I, li. oben). Dieser unerwartete Befund konnte durch Betrachtung der Strahlungsbedingungen und damit des Energieeintrages in die Schmelze erklärt werden. Die gute Transparenz von Glas und seine Erschmelzung in einem innenwandig spiegelnden Pb-Zylinder bewirkt eine Fokussierung der Wärmestrahlung in einer konzentrischen Zylinderfläche mit halbem Tiegeldurchmesser. Die an dieser Stelle auftretende Überhitzung verstärkt die Blasenbildung. Marangonikräfte an der Grenzfläche Blase-Schmelze verursachen vermutlich eine Wanderung der in Tiegelwandnähe entstandenen Blasen zum Ring.

Im Prozeß der Abkühlung (16 Std.) verschiebt sich das Temperaturmaximum in Richtung Tiegelwand. Diese Verschiebung gibt Anlaß zur Blasenwanderung in dieser Richtung, bei der größere Blasen eine höhere Mobilität besitzen.

Im Hinblick auf die Zielstellung des Kosmosexperimentes ist das Resultat negativ zu bewerten. Es brachte aber neue Erkenntnisse über die Wirkung schwacher Konvektionen (hier vermutlich durch Blasen ausgelöste Marangonikonvektion), die im irdischen Experiment durch die natürliche Konvektion überdeckt sind. Gleichzeitig demonstriert dieser Befund in eindrucksvoller Weise, daß der Übergang zur Mikrogravitation nicht einfach Schwarz-Weiß-Ergebnisse bringt, sondern die Materialforschung vor eine Vielzahl neuer grundsätzlicher wissenschaftlicher Fragen stellt.

Die Ungewißheit über die tatsächlichen stationären oder dynamischen Temperaturfelder in den kosmischen Öfen für materialwissenschaftliche Experimente und die Kenntnis der tat-



sächlichen thermischen Verhältnisse für die Ergebnisinterpretation gab Anlaß zu systematischen Temperaturfelduntersuchungen in der Experimenterserie IMITATOR.

Die Unterschiede zwischen kosmischen und irdischen Experimenten in den Werten der Maximaltemperatur, als auch bezüglich ihrer Lage im Ofen sind signifikant. Sie machen aufmerksam auf die Exemplarspezifität der Öfen, auf Unterschiede im Alterungsverhalten, auf die Verschiedenheit des Wärmeüberganges von den Heizwicklungen zur Probe im Kosmos und im irdischen Labor sowie auf die Rückwirkung einer Probenbewegung auf das tatsächliche Temperaturfeld. Sichere Versuchsführung, begründete Ergebnisauswertung und -interpretation verlangen deshalb ein detailliertes Studium der thermischen Charakteristika der konkreten Züchtungsapparaturen. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche ortsauflösende, die Probe thermisch möglichst gut imitierende Meßsonden, ein Gerät für die automatische Meßprozeßsteuerung und Meßwerterfassung (ARP) für Kosmoseinsatz (Bild-S. III, unten) entwickelt und eine breite Palette relevanter Simulationsversuche durchgeführt, die der exakten Beschreibung des thermischen Verhaltens der im Einsatz befindlichen Züchtungsapparaturen unter den konkreten Betriebsbedingungen dienen. Auf diese Weise wurde das wissenschaftliche Niveau substanzbezogener Kosmosexperimente auf eine höhere Stufe gehoben, die Schwankungsbreite bei der Einhaltung der thermischen Versuchsparameter verringert und die Aussagekraft dieser zumeist als Einzelversuch angelegten Untersuchungen erhöht. Mit diesen Arbeiten leistete die DDR außerdem einen international anerkannten Beitrag zum Gerätebau für die kosmischen Materialwissenschaften.

Die wesentliche Aufgabe künftiger materialwissenschaftlicher Experimente im Kosmos besteht in der Schaffung fundierter Grundlagenkenntnisse über die Wirkung verschiedener Konvektionsmechanismen, im Studium der Dynamik fluider Medien, des dadurch vermittelten Masse- und Wärmetransports sowie in der Weiterentwicklung der Prozeßmeßtechnik für thermische Parameter in Züchtungsapparaturen. Die Palette der Experimentgruppe BEROLINA war unter dem Aspekt der Erkundung des neuen Experimentierfeldes Kosmos sehr breit angelegt. Die gesammelten Erfahrungen begründen die vertiefende Forschung in vier Richtungen:

Die Kristallzüchtung aus der Schmelze im Orbitallabor führte zu einer Neubewertung des Gewichtes unterschiedlicher Konvektionsmecha-

nismen, besonders der Marangonikonvektion, für terrestrische Züchtungsexperimente. Zu untersuchen waren und sind theoretisch durch Computersimulation, experimentell durch Modelluntersuchungen und Kristallzüchtungsversuche die hydrodynamischen Verhältnisse und deren Auswirkungen auf Masse- und Energietransport sowie die Struktur und Homogenität der gezüchteten Kristalle und Verbundwerkstoffe.

Besondere Aufmerksamkeit muß weiterhin dem Übergang von der stationären zur oszillatorischen Marangonikonvektion – wie er z. B. beim tiegel-freien Zonenschmelzen bei wachsender Zonenlänge auftritt – gelten, weil dadurch die Realstruktur von Kristallen auch unter Weltraumbedingungen ganz entscheidend beeinflußt wird. Weiterhin gilt es, die Auswirkungen von Gravitationsstörungen auf stationäre Konvektionen durch Simulationsrechnungen zu analysieren, um den Einfluß von  $\mu g$ -Fluktuationen durch die Tätigkeit der Kosmonauten oder Flugmanöver auf den Kristallwachstumsprozeß quantitativ zu erfassen.

Die Experimente zum Gasphasentransport sind mit Untersuchungen der allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten des Übergangs vom konvektiven zum diffusiven Transport an komplizierten Systemen, d. h. ternären und quaternären Verbindungen fortzusetzen. Damit stehen neue Fragestellungen, wie An- und Abreicherungen einzelner Komponenten, Verteilungsinhomogenitäten von Dotierungselementen, Wachstumsstabilität, sequentieller und Kotransport und das Ausbleiben von Phasenfolgen, auf der Tagesordnung. Dem vertieften Verständnis der Elementarprozesse dieser Kristallzüchtungstechnik gilt vordergründiges Interesse, weil hier durch Übergang in den Kosmos die beste Annäherung an ideale Transportbedingungen erreicht wurde und eine Reihe technisch relevanter Substanzen nur auf diese Weise einkristallin herstellbar sind.

Das Umschmelzexperiment von Glas im BEROLINA-Komplex deckte viele ungeklärte Fragen zu Blastentransportmechanismen und Phasentrennprozessen in Glasschmelzen bei Mikrogravitation auf.

Gegenstand der weiteren Forschung müssen insbesondere Probleme der Wechselwirkung zwischen Keimbildungsprozessen und der Konvektion sein.

Die Anarbeitung von Grundlagenkenntnissen ist deshalb so wichtig, weil sie die Voraussetzungen für die Entwicklung neuartiger Glaswerkstoffe und Glaskeramiken mit extremen Eigenschaften sind.



Mit weiterentwickelten in-situ Meßsonden auf Thermoelmentbasis und Simulationsversuchen, die die thermisch-zeitlichen Bedingungen von Kristallzüchtungsexperimenten optimal imitieren, werden Charakterisierung und Überwachung der eingesetzten Kristallzüchtungsapparaturen fortgesetzt. Durch apparative Entwicklungen werden Voraussetzungen geschaffen, Regelkreise mit Gubern an den für den Kristallisationsprozeß ausschlaggebenden Positionen aufzubauen, wodurch Präzision der Experimentführung und Auswertung weiter verbessert werden. Als neues Forschungsfeld eröffnet die in-situ Präzisionstemperaturmeßtechnik die Untersuchung von Phasenumwandlungen mittels der Differentialthermoanalyse. Die Schaffung fundierter wissenschaftlich-technischer Grundlagenkenntnisse und die Entwicklung von Experimentiertechniken unter Weltraumbedingungen verfolgen das Ziel, herkömmliche physikalische, chemische und technische Verfahren zu verbessern und zu erkunden, für welche materialwissenschaftlichen Zwecke die technologische Nutzung eines Orbitallabors sinnvoll und ökonomisch trotz der enormen Kosten vorteilhaft ist.

## Kosmische Meteorologie

Aufgabe der kosmischen Meteorologie ist die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der in der Erdatmosphäre, insbesondere in der Troposphäre und der Stratosphäre (bis ca. 80 km Höhe) ablaufenden Prozesse einschließlich dynamischer Wechselwirkungen mit Hilfe von meteorologischen Raketen und Satelliten. Diese zusätzlich gewonnenen Daten werden in Verbindung mit bodengebundenen Messungen ausgewertet. Dazu wurden u. a. verschiedene Sonden und Fotometer für den Einsatz auf meteorologischen Raketen zur Messung der Temperatur, der Ionenkonzentration und der wichtigsten Neutralgas-Komponenten (Sauerstoff, Ozon) der niederen Atmosphäre entwickelt und eingesetzt. Auf drei sowjetischen Wettersatelliten vom Typ „Meteor“ wurde je ein komplizierter spektrometrischer Gerätekomplex mit einem Infrarot-Fourier-Spektrometer zur globalen Gewinnung höhenabhängiger atmosphärischer Parameter (Temperatur, Wasserdampf, Ozon) erfolgreich eingesetzt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen bildeten die Grundlage für die methodische und technische Vorbereitung der mit den sowjetischen Sonden Venus 15 und 16 durchgeführten Experimente zur Erforschung der Venus-

atmosphäre mit Hilfe von IR-Fourierspektrometern.

Neben den genannten Aufgaben zur weiteren Erforschung meteorologischer Prozesse und Erscheinungen leistet die kosmische Meteorologie seit Anbeginn wesentliche Beiträge zur routinemäßigen Überwachung der für die Wetteranalyse und -vorhersage wichtigen atmosphärischen Vorgänge. Die Überführung der Forschungsergebnisse in die Praxis sowie die Schaffung und ständige Vervollkommen der methodischen und technischen Voraussetzungen für die Nutzung der durch Wettersatelliten und meteorologische Raketen gewonnenen Daten stellen daher – ähnlich wie bei Nachrichtensatellitensystemen – eine weitere Arbeitsrichtung der kosmischen Meteorologie dar. Im Vordergrund stehen dabei die Entwicklung geeigneter Empfangs- und Darstellungsgeräte für Wetterbilder sowie in zunehmendem Maße die Anwendung von Mitteln und Methoden der rechnergestützten Bildbearbeitung zur routinemäßigen Auswertung.

So wurde in der DDR z. B. die Anlage WES 2 zum Empfang von Satellitenwetterbildern geschaffen und in Dienst gestellt. In einer Kleinserie wurde die Anlage produziert und vorwiegend exportiert. Die Anlage hat sich gut bewährt, sie wurde u. a. auch auf Schiffen installiert und erfolgreich betrieben.

In Fortsetzung dieser Arbeiten wurden von Einrichtungen der AdW im Zusammenwirken mit dem Meteorologischen Dienst der DDR Wetterbildempfangsanlagen für den Frequenzbereich 1,7 GHz (S-Band) entwickelt und in Betrieb genommen, mit denen Wetterbilder hoher Auflösung und einer Datenrate bis 665 kBit/s empfangen werden können. Die damit täglich mehrfach verfügbaren Informationen von geostationären oder polumlaufenden Satelliten ergänzen die Ausgangsdaten für die Ausarbeitung der Wetterprognosen und tragen zur Verbesserung ihrer Treffsicherheit bei. Ein Ausschnitt aus diesem an sich globalen Wetterbild findet täglich im Fernsehbericht Anwendung. Daten von meteorologischen Satelliten, insbesondere über die Temperaturverteilung, werden in zunehmendem Maße in der täglichen numerischen Wettervorhersage des Meteorologischen Dienstes der DDR verwendet. Sowohl von der Art der Informationsgewinnung, als auch der Notwendigkeit der Verarbeitung von Bildinformationen gibt es zahlreiche Berührungspunkte der kosmischen Meteorologie mit der Fernerkundung der Erde. Bei der kosmischen Meteorologie sind wegen der geringen geometrischen Auflösung von Wetterbildern

geringere Datenmengen zu verarbeiten, wobei jedoch eine besonders hohe Operativität (wenige Stunden) gefordert werden muß. Fernerkundungsdaten sind dagegen je nach Anwendungsgebiet auch noch nach einem Tag (z. B. Landwirtschaft), oder gar nach Monaten (z. B. Geologie) relevant. Das Forschungs- bzw. Beobachtungsobjekt der kosmischen Meteorologie – die unteren und mittleren Schichten der Atmosphäre – wirkt bei vielen Fernerkundungstechniken als Störfaktor, der die von den natürlichen Objekten der Erdoberfläche ausgehende Strahlung spektral verfälscht bzw. sogar absorbiert. Die Erforschung und Messung besonders der optischen Eigenschaften der Atmosphäre und ihres Einflusses auf Fernerkundungsdaten ist daher ein interdisziplinäres Problem beider Richtungen der Kosmosforschung und -nutzung.

## Kosmische Nachrichtenverbindungen

Die Realisierung von Nachrichtenverkehrsbeziehungen in hoher Qualität über Satelliten zählt zu den ersten Anwendungsgebieten bei der Nutzung des erdnahen kosmischen Raumes. Es ist daher kein Zufall, daß die im Rahmen der Ständigen Arbeitsgruppe für kosmische Nachrichtenübertragung (StAGKN) des Programms INTERKOSMOS in den Teilnehmerländern durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben von Beginn an auf die volkswirtschaftliche Nutzung der Nachrichtensatellitentechnik orientiert waren.

Als die UdSSR im Jahr 1965 den sozialistischen Staaten – darunter auch der DDR – den Vorschlag unterbreitete, gemeinsam ein Projekt für kosmische Nachrichtenverbindungen zu erarbeiten, lagen bereits erste Erfahrungen mit Nachrichtensatelliten vom Typ MOLNIJA 1 vor. Demzufolge bestand die Schwerpunktaufgabe für die im April 1967 aus Mitgliedern der Teilnehmerländer gebildete Ständige Arbeitsgruppe für kosmische Nachrichtenübertragung bereits darin, die Schaffung eines Internationalen Fernmeldesatellitensystems vorzubereiten. Hiermit wurde die Grundlage dafür geschaffen, daß die Nachrichtenverwaltungen der anderen interessierten Teilnehmerländer bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt konkrete Überlegungen zur Anwendung der Nachrichtensatellitentechnik für die Befriedigung der wachsenden internationalen

Nachrichtenverkehrsbedürfnisse anstellen konnten. Gleichzeitig eröffnete sich die Möglichkeit, an ausgewählten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben teilzunehmen.

Unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Zielstellung wurde die nationale und internationale Koordinierung der im Rahmen der StAGKN von der DDR zu lösenden Aufgaben im Programm INTERKOSMOS durch die Deutsche Post wahrgenommen und die Funktion der Leiteinrichtung des Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamt (RFZ) übertragen. Von Beginn an bestand der Schwerpunkt der Arbeiten in der Mitarbeit an der Schaffung eines internationalen Systems zur Nachrichtenübertragung über Satelliten, das später den Namen INTERSPUTNIK erhielt. Hierbei beteiligte sich die DDR sowohl an der Ausarbeitung des Abkommens für die zu gründende Organisation als auch am Vorprojekt und Ausführungsprojekt des Systems. Der Entwurf des Abkommens konnte bereits im August 1968 anlässlich der 1. Konferenz der Vereinten Nationen zur Erforschung und friedlichen Nutzung des Welt- raumes in Wien der Weltöffentlichkeit vorgelegt werden.

Nachdem in der DDR die Grundsatzentscheidung zur Errichtung einer Erdefunkstelle im Rahmen des in Vorbereitung befindlichen Systems INTERSPUTNIK getroffen worden war, konzentrierten sich die nationalen Aktivitäten auf die komplexe Untersuchung der Standortbedingungen dieser Erdefunkstelle, darunter auch eingehende meßtechnische Untersuchungen potentieller Standorte in verschiedenen Gegenden der DDR. Hierbei mußten komplizierte Probleme gelöst werden, um einen Standort zu ermitteln, die akzeptable elektromagnetische Kompatibilitätsbedingungen im Send- und Empfangsbereich (6 GHz bzw. 4 GHz) im Hinblick auf die im In- und Ausland im gleichen Frequenzbereich arbeitenden dichtvermaschten terrestrischen Richtfunknetze boten. In dieses Programm einbezogen waren theoretische und meßtechnische Untersuchungen zur Ermittlung des Einflusses von Reflexionen elektromagnetischer Wellen an Flugzeugen, die ebenfalls im RFZ durchgeführt wurden. Die Standortuntersuchungen, an denen in der Endphase auch Spezialisten aus der UdSSR beteiligt waren, wurden Mitte 1972 mit der Festlegung des Standortes für die zu errichtende Erdefunkstelle im Raum Fürstenwalde (Spree), unweit der kleinen Ortschaft Neu Golm abgeschlossen.

Im Interesse der Beschleunigung des Abschlusses der Entwicklungsarbeiten für das System

INTERSPUTNIK schlug die UdSSR vor, die Hauptausrüstungen für die Erdfunkstellen der Teilnehmerländer zu liefern. Hierdurch ergab sich die Möglichkeit, unverzüglich mit der Realisierung des Investitionsvorhabens in der DDR zu beginnen und die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen des Programms INTERKOSMOS in der Folgezeit auf neue Schwerpunktaufgaben zu konzentrieren. Der Aufbau der Erdfunkstelle der Deutschen Post im System INTERSPUTNIK wurde – beginnend im März 1973 – unter Verantwortung des RFZ (GAN) und in enger Zusammenarbeit mit sowjetischen Spezialisten durchgeführt. Nachdem am 15. 7. 1975 der erste Funkkontakt mit einem Satelliten des Typs MOLNIJA-2 hergestellt werden konnte, begann ab 1. 8. 1975 der Probebetrieb (Fernsempfang). Der Aufbau der Erdfunkstelle fand im April 1976 mit der Übergabe des Gesamtkomplexes an die Funkdirektion der Deutschen Post seinen vorläufigen Abschluß (3. Umschl.-S.). Die Erdfunkstelle gewährleistet seit diesem Zeitpunkt stabile Nachrichtenverkehrsverbindungen – darunter Fernsehübertragungen, Fernsprechen und Telegrafie zwischen der DDR und anderen Teilnehmerländern am System INTERSPUTNIK.

Nach 10jähriger Betriebszeit begann 1985 eine Etappe der Rekonstruktion und Erweiterung, zu der auch umfangreiche Aufgaben auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung gehören. Hierin eingeschlossen sind Arbeiten zur Automatisierung der Überwachungs- und Steuerungsfunktionen unter Einsatz von mikrorechnergestützter, dialogorientierter Prozeßsteuerungstechnik mit der Zielstellung, den Betriebsprozeß zu rationalisieren. Die hierzu im RFZ im Programm INTERKOSMOS durchgeführten Untersuchungen hatten zum Ergebnis, daß diese Teilaufgabe in das „Komplexprogramm des wissenschaftlich-technischen Fortschritts der Mitglieds-Länder des RGW bis um Jahr 2000“ überführt wurde, in dessen Rahmen das RFZ für die Entwicklung und Produktion der Anlage für alle interessierten RGW-Mitgliedsländer verantwortlich zeichnet.

Mit Abschluß der Arbeiten zur Schaffung des Systems INTERSPUTNIK stellte sich die StAG Kosmische Nachrichtenübertragung des Programms INTERKOSMOS neuen Aufgaben auf dem Gebiet der Grundlagen- und der angewandten Forschung. Hierzu gehören sowohl die Weiterentwicklung bestehender, als auch die Vorbereitung der Einführung neuer Systeme bzw. Funkdienste, darunter der Satellitenrundfunkdienst. Zu den längerfristigen Aufgaben zählt die Erschließung von Frequenzbereichen

oberhalb 10 GHz für Satellitenfunkdienste. Sie schließt sowohl die Entwicklung der Hauptkomponenten – Bauelemente, Baugruppen, Geräte für Erdfunkstellen und Satelliten – als auch umfangreiche, der Grundlagenforschung zuzuordnende Arbeiten ein. Letztere beziehen sich auf die komplexe Untersuchung der Bedingungen für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen auf Satellitenstrecken in diesen Frequenzbereichen, eine Aufgabenstellung, an der in vielen Ländern intensiv gearbeitet wird. Das diesbezüglich im Programm INTERKOSMOS enthaltene Forschungsthema wird verantwortlich von der DDR (RFZ) bearbeitet und international koordiniert. Die erste – in die 70er Jahre zurückreichende Etappe der Themenbearbeitung konzentrierte sich auf die in mehreren Stufen erfolgte Ausarbeitung eines Projektes für ein der Aufgabenstellung angepaßtes Satellitenversuchssystem, dessen Bestandteile von den interessierten Teilnehmerländern zu entwickeln waren. Hierzu gehört auch eine Reihe von nationalen Meßplätzen, an denen standortbezogene Meßergebnisse auf kosmischen und terrestrischen Meßstrecken, vorwiegend im 11/20 30 GHz-Bereich, zu gewinnen sind.

Die unter Federführung des RFZ durchgeführten Untersuchungen hatten zum Ergebnis, daß das konzipierte Versuchssystem technisch sehr anspruchsvoll und mit hohen materiellen Aufwendungen und Kosten für die Teilnehmerländer verbunden sein würde. In Anbetracht dessen unterbreitete die UdSSR den Vorschlag, einen gemeinsamen internationalen Versuchskomplex zu schaffen, an dem die Hauptausrüstungen für die Untersuchung der Wellenausbreitungsbedingungen oberhalb 10 GHz konzentriert werden können. Das war die Voraussetzung dafür, die Anwendungen für das gemeinsame Versuchssystem zu minimieren und gleichzeitig optimale Bedingungen für die internationale wissenschaftliche Arbeit zu schaffen. Für die Teilnehmerländer ergab sich insbesondere die Möglichkeit, die Konfiguration der nationalen Meßplätze auf die Untersuchung standortspezifischer Einflußfaktoren auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen zu beschränken. Der unter diesen Voraussetzungen vom RFZ auf dem Standort der Erdfunkstelle der Deutschen Post errichtete nationale Meßplatz besteht aus einer im RFZ entwickelten 11 GHz-Satellitenempfangsstation für Wellenausbreitungsmessungen, Geräten zur Messung der Niederschlagsintensität sowie einer rechnergestützten Anlage zur kontinuierlichen Erfassung, Verdichtung und Auswertung der Meßergebnisse. Die auf dem nationalen Meßplatz



des RFZ befindlichen Einrichtungen arbeiten seit 1980 im Dauerbetrieb und werden im wesentlichen beaufsichtigungsfrei betrieben. Bestandteil der 11 GHz-Empfangsstation ist ein im RFZ entwickelter 70 MHz-Schmalbandempfänger mit automatischem Suchlauf, der eine Auswertebandbreite von 100 Hz/1 kHz besitzt. Geräte dieses Typs wurden auch den anderen Teilnehmerländern zur Verfügung gestellt.

Mitte 1981 wurde mit den Arbeiten zum Aufbau des internationalen Versuchskomplexes für das Experimentalsystem in Dubna/UdSSR begonnen. Der DDR-Beitrag bestand in der Entwicklung und Bereitstellung eines rechnergestützten Meßwertfassungs- und Auswertesystems auf der Basis eines Kleinrechners KRS 4201 aus dem VEK Robotron sowie peripherer Einrichtungen zur Meßwertumformung und -registrierung. Die Anlage arbeitet im Prozeßbetrieb und ermöglicht den Anschluß von 25 Meßstellen, die im Zeitintervall von 1 s abgefragt werden. Nach jeweils 72 Stunden werden die Daten verdichtet, in den Hauptspeicher eingegeben und zur Gewinnung von Langzeitstatistiken sowie zur automatischen Berechnung der Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Meßreihen genutzt. Die gesamte Anwendersoftware hierfür wurde im RFZ entwickelt.

Zum DDR-Beitrag für den internationalen Versuchskomplex gehören weiterhin die bereits erwähnten Schmalbandsuchlaufempfänger zur Durchführung von Wellenausbreitungsmessungen auf Satellitenstrecken sowie Geräte des Systems URSATRANS für die Übertragung von Meßwerten.

Der internationale Versuchskomplex Dubna wurde im September 1982 anlässlich der Beratung der STAGKN in Betrieb genommen. Die DDR (RFZ) übernahm die wissenschaftliche Leitung des Experimentes „Wellenausbreitung auf Satellitenstrecken“. Das Experiment wird auf der Frequenz 11,542 GHz über einen Transponder „Lutsch“ eines geostationären Satelliten der UdSSR, der bei 14° w.L. über dem Atlantik stationiert ist, durchgeführt. Daran beteiligt sind Versuchserdefunkstellen unterschiedlicher Konfiguration in der UdSSR (Dubna und Kaukasus), DDR, CSSR und in anderen Teilnehmerländern. Zwischen den Meßwertauswertekomplexen in Dubna und Neu Gollm/DDR wurde eine Datenleitung über die Erdefunkstellen INTERSPUTNIK geschaltet, über die der Austausch von Meßwerten erfolgt. Diese Verbindung gestattet gleichzeitig, den Anteil der „Aufwärtsstrecke“ (Erde-Satellit) an der Streckendämpfung quantitativ zu erfassen bzw. zu eliminieren.

Die bei den Wellenausbreitungsexperimenten erzielten Ergebnisse werden jährlich in Dubna im Rahmen einer Expertenberatung ausgewertet. 1985 wurde erstmalig ein internationales wissenschaftliches Symposium zum Thema „Erschließung neuer Frequenzbereiche für Satellitenfunkdienste“ in der DDR (Dresden) durchgeführt, an dem sich Experten des RFZ und der Technischen Universität Dresden mit mehreren Vorträgen beteiligten. Über das Meßprogramm und die bisher erzielten Ergebnisse wurde auf internationalen wissenschaftlichen Veranstaltungen, darunter auf dem Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation berichtet. Zu den im RFZ durchgeführten Arbeiten gehören auch theoretische Untersuchungen über geeignete Modelle für die Berechnung der Wellenausbreitungsbedingungen in den unteren Schichten der Atmosphäre.

Die Einbeziehung der Frequenzbereiche 20/30 GHz in das Meßprogramm gehörte von Beginn an zu den wesentlichsten Zielstellungen des Themenkomplexes, für den die DDR die internationale Koordinierung übernommen hat. Da die Durchführung derartiger Messungen auf Satellitenstrecken der längerfristigen Vorbereitung bedarf, beschränkte sich das Meßprogramm in Dubna und auf nationalen Meßplätzen der Teilnehmerländer bisher auf Untersuchungen an terrestrischen Meßstrecken in diesen Frequenzbereichen und deren Korrelation zu den im 11 GHz-Bereich gewonnenen Meßergebnissen auf Satellitenstrecken. Parallel dazu wurde mit der Vorbereitung eines Satellitensexperimentes begonnen. Das Experiment sieht den Einsatz eines Satellitenbakensenders vor, der Signale im 11-, 20- und 30-GHz-Bereich abstrahlen soll. An den Entwicklungsarbeiten, die kurz vor dem Abschluß stehen, ist die DDR aktiv beteiligt. Der Basissoszillator für den Bakensender, an dem sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der spektralen Reinheit des Ausgangssignals gestellt werden müssen, wurde an der TU Dresden entwickelt. Im RFZ wurden Empfangsstationen für 20 und 30 GHz entwickelt, die zusammen mit der bereits vorhandenen 11 GHz-Empfangsanlage im Kohärentempfangsbetrieb arbeiten sollen. Ein Mustergerät des zugehörigen Kohärentempfängers für die genannten drei Frequenzbereiche wird vom RFZ auch für den künftigen Einsatz in Dubna bereitgestellt.

Mit der Entwicklung der angeführten Baugruppen wurden wesentliche Voraussetzungen dafür geschaffen, daß die Arbeiten zur Erschließung und perspektivischen Nutzung höherer Frequenzbereiche durch die auf dem Gebiet der



kosmischen Nachrichtenübertragung im Programm Interkosmos zusammenarbeitenden Länder mit hoher Qualität weitergeführt werden können.

## Kosmische Biologie und Medizin

Seit 1970 beteiligten sich Wissenschaftler der DDR aktiv am Forschungsprogramm der Arbeitsgruppe Kosmische Biologie und Medizin. Die Mitarbeit begann in der Sektion Strahlenbiologie/Strahlenschutz mit Beiträgen zur Untersuchung des Wirkmechanismus ionisierender Strahlen in biologischen Systemen. 1973 fand die VI. Beratung der Ständigen Internationalen Arbeitsgruppe kosmische Biologie und Medizin „Interkosmos“ in Berlin statt. Damals begannen die chronobiologischen Untersuchungen im Rahmen des Interkosmosprogramms unter wesentlicher Mitwirkung der DDR.

Seit 1977 ist die DDR in das Biosatellitenprogramm integriert. Im Jahre 1978 fand der Flug des ersten Flieger-Kosmonauten der DDR, Generalmajor Sigmund Jähn statt. Sein Flug und die dabei durchgeführten medizinisch-biologischen Untersuchungen stimulierten wesentlich die Entwicklung der kosmischen Medizin und Biologie in der DDR.

Zwischen der XIII. Beratung 1981 in Dresden und der XX. Beratung 1987 in Berlin wurde die Mitarbeit von DDR-Spezialisten beträchtlich erweitert. Sie umfaßt einen Komplex von Problemen der psychischen und physischen Adaptation des Organismus an die kosmischen Bedingungen in Modellexperimenten, in Biosatellitenexperimenten und in Untersuchungen während bemannter Raumflüge.

### Untersuchungen während bemannter Raumflüge

Das wissenschaftliche Ziel der medizinischen Experimente beim gemeinsamen Raumflug UdSSR/DDR bestand in der Untersuchung physiologischer Anpassungsvorgänge sowie der Beanspruchung der Kosmonauten Waleri Bykowski und Sigmund Jähn unter der komplexen Einwirkung kosmischer Extremalfaktoren.

### Experiment „Audio“

Mit dem Experiment „Audio“ wurde erstmalig das Verhalten der Hörschwelle unter den Bedingungen des kosmischen Fluges untersucht. Verwendet wurde dazu das Audiometer „Elbe“, das durch Messungen des Geräuschpegels und seiner Frequenzcharakteristik in der Raumstation durch einen modifizierten Impulsschallpegelmessers komplettiert wurde.

Die während des Raumfluges gemessenen Audiometrie曲ven unterscheiden sich bei beiden Kosmonauten in den Meßfrequenzen von 500 bis 2000 Hz deutlich von den auf der Erde ermittelten Hörschwellen (s. Abb. S. 49).

In den höheren Frequenzen gehen alle Kurven mehr oder weniger ausgeprägt ineinander über und weisen nur zufällige, im Meßfehlerbereich der Audiometrie liegende Abweichungen auf. In den Frequenzen von 3000 bis 6000 Hz lassen sich keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Die 24 Stunden nach der Landung erhobenen Befunde zeigen bei beiden Kosmonauten in den niederen Frequenzen eine geringere Hörschwellenverschlechterung.

Die Veränderungen der maskierten Hörschwellen der Kosmonauten in der Raumstation bewegen sich in den Grenzen der physiologischen Norm. Diese im Bereich von 500–2000 Hz registrierten Hörschwellenverschlechterungen hatten keinen negativen Einfluß auf die Effektivität des Funkprechverkehrs und auf die Ausübung anderer Arbeitstätigkeiten.

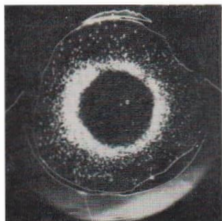
Die Verringerung der Hörempfindlichkeit nach dem Fluge und auch eine fehlende Wiederherstellung im Verlaufe von 24 Stunden nach der Landung weist auf eine gewisse Hörermüdung vom Schallempfindungstyp hin.

### Experiment „Zeit“

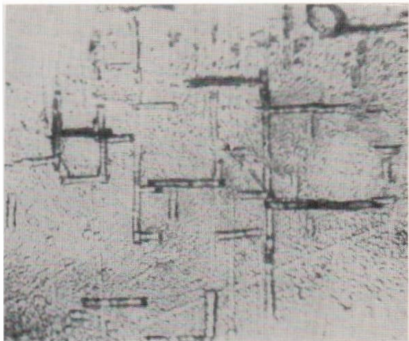
Es ist bekannt, daß sowohl die Situation (Umgebung, Aufgabenstellung) als auch der psychische und biologische Zustand des Menschen die Zeitwahrnehmung und die Fähigkeit der Zeitschätzung beeinflussen können. Diese Tatsache spielt besonders bei Berufsgruppen mit Operativtätigkeit eine bedeutende Rolle. Der Zeitparameter ist als eine informative Größe für die Diagnostik der Beanspruchung unter der Einwirkung extremer Belastungen verwendbar.

Im Experiment „Zeit“ wurden deshalb die Geschwindigkeit visuellmotorischer Reaktionen (Reaktionszeitmessung) durch möglichst schnell-

(Fortsetzung s. Bildseite IV.)

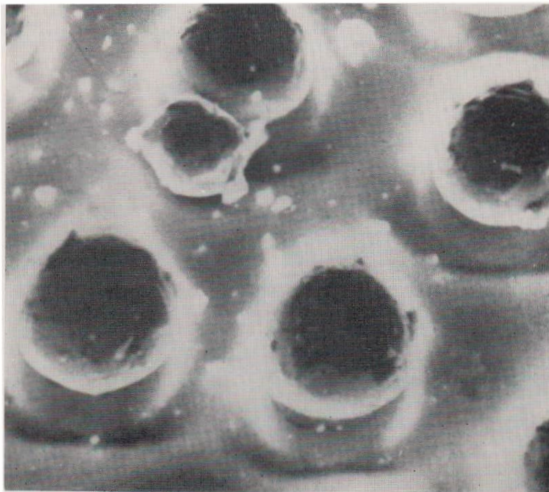


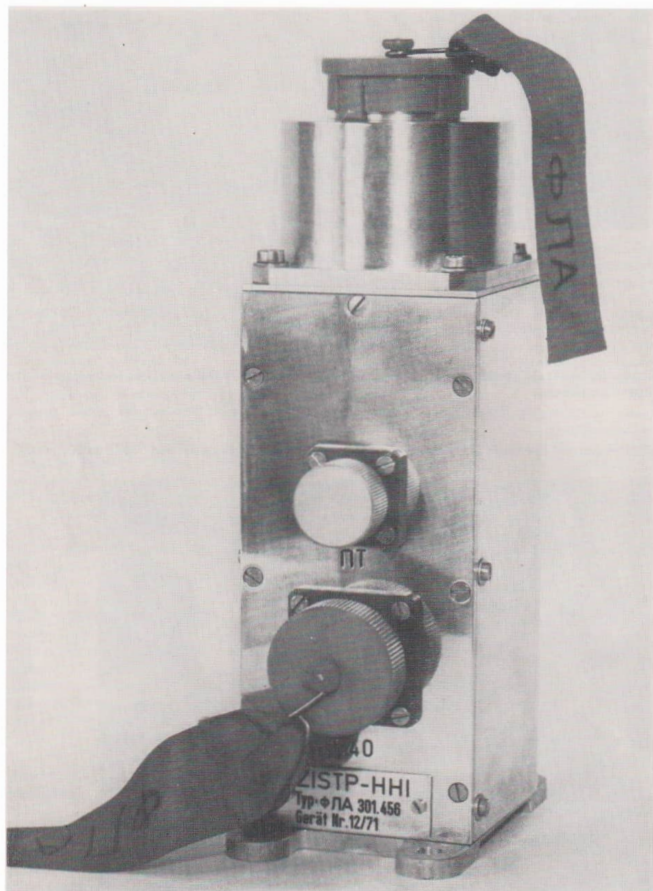
Querschnitt durch eine zylindrische Schmelzprobe von im Kosmos geschmolzenem Glas mit Blasenring von etwa halbem Tiegeldurchmesser.



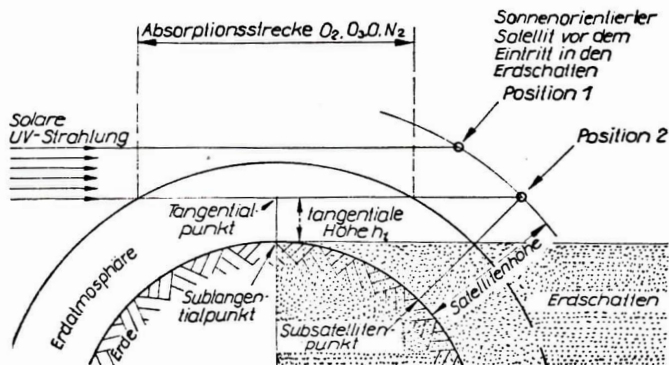
Prismatische Wachstumssäulen beim Sublimationsexperiment PbTe bei einer Quelltemperatur von 850 °C im Kosmos.

Minitropfen auf der Wachstumsfläche von PbTe bei Quelltemperaturen von 750 °C m Kosmos.



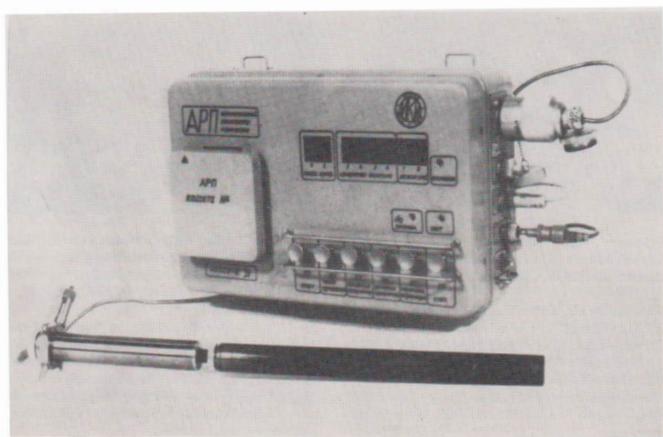


Spektralphotometer zur Erforschung der Lyman- $\alpha$ -Linie des atomaren Wasserstoffs, die von der Sonne ausgestrahlt wird. – Erstes wissenschaftliches Meßgerät aus der DDR, welches in der Interkosmos-Kooperation mit dem Satelliten „IK 1“ im Oktober 1969 erfolgreich erprobt worden ist.



Strahlungsgeometrie beim Meßverfahren der UV-Strahlungsabsorption für die Hochatmosphärenforschung; hierbei wird die UV-Strahlung der Sonne beim Durchstrahlen der Erdatmosphäre ausgenutzt. Schematisch sind Erde und Erdatmosphäre dargestellt. Die Sonne befindet sich links. Betrachtet wird die Zeit, kurz bevor der Satellit auf seiner Umlaufbahn in den Erdschatten eintritt.

Gerät zur automatischen Meßprozeßsteuerung und Meßwerterfassung (ARP) für Kosmoseinsatz mit Temperatursonde für Schmelzöfen.







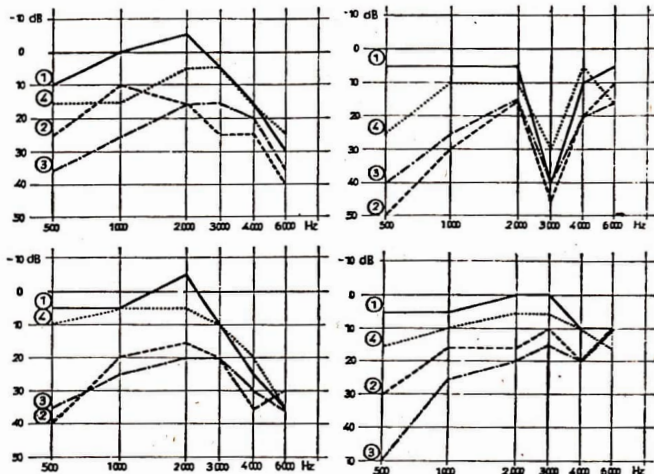
**Primaten „Vernij“ und „Gordij“ beim Training. Vorbereitungen zum Kosmosflug mit dem sowjetischen Biosputnik „Kosmos 1667“.**

les Löschen eines visuellen Signals gemessen und die Genauigkeit der Wiedergaben vorgegebener Zeitintervalle (Zeitschätzung) bestimmt. Die meßtechnische Grundlage für dieses Experiment bildete das Gerät „Ruhla“.

Die Ergebnisse des „Zeitstreckenvergleiches“ stimmen mit den Resultaten der „Zeitstreckenschätzung“ überein. Die Kosmonauten differen-

zierten die Zeitintervalle auf den verschiedenen Flugebenen in hohem Maße richtig und zeigten stärker ausgeprägte Abweichungen in ihren Urteilen in den ersten drei Tagen nach dem Flug (vgl. Abb. S. 50).

Die Methode der Zeitschätzung führte auf mathematisch-statistisch gesicherter Grundlage zur Differenzierung von intra-, interindividuellen und tagesperiodischen Unterschieden, wodurch Rückschlüsse auf psycho-physiologische Alterationen durch kosmische Wirkfaktoren gezogen werden konnten.



Audiodiagramme vom Kommandeur (links) und vom Bordingenieur (rechts) der dritten internationalen Besatzung des wissenschaftlichen Orbitalkomplexes „Sojus 29-Salut 6-Sojus 31“. – Obere Abb. rechtes Ohr, untere Abbildungen linkes Ohr.

- (1) Ausgangsaudiogramm vom 27. Juli 1978;
- (2) Audiogramm an Bord von „Salut 6“ am 30. August 1978 um 11.00 Uhr;
- (3) Audiogramm an Bord von „Salut 6“ am 30. August 1978 um 24.00 Uhr;
- (4) Audiogramm nach der Landung – am 4. September 1978 um 11.00 Uhr Ortszeit.

#### Experiment „Sprache“

Das Experiment beruhte auf der Erkenntnis, daß die Sprache neben ihrer semantischen Funktion auch Träger psycho-physiologischer Informationen ist. Über eine Analyse der Frequenz- und Amplitudenzeitcharakteristika der Sprache können Rückschlüsse auf die emotionale Anspannung des Menschen gezogen werden.

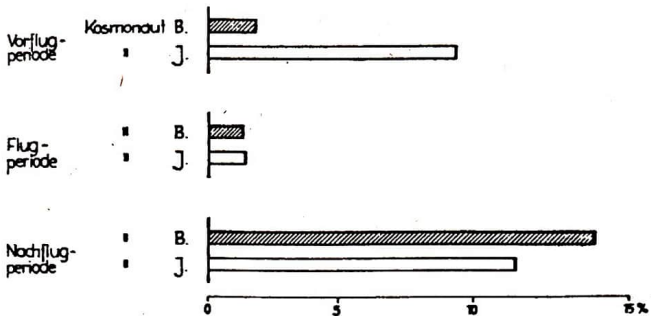
Die Analyse des Formantmomentes 1. Ordnung für den 1. Formanten zeigte analoge Befunde wie für die Grundfrequenz. Zwischen der Grundfrequenz und dem Formantmoment 1. Ordnung besteht ein mittelstarker signifikanter Zusammenhang.

Die Analysenparameter Sprachgrundfrequenz und Formantmoment weisen mit guter Übereinstimmung auf eine erhöhte emotionale Anspannung während des Aufenthaltes in der Raumstation „Salut-6“ hin und enthalten keinerlei Hinweise auf Dekompensationserscheinungen.

#### Experiment „Befragung“

Bei dem Experiment „Befragung“ wurde der von Wissenschaftlern der UdSSR und der VR Polen erarbeitete skalierte medizinisch-psychologische Fragebogen durch einen von der DDR inaugurierten Teil erweitert. Dieser beinhaltete ein normiertes System von Aussagen über das momentane Befinden und Erleben. Er war vor allem darauf gerichtet, Zustände der Monotonie und psychischen Sättigung, des psychischen Stresses und der arbeitsbedingten Ermüdung zu erfassen.

Monotonie und psychische Sättigung können als Belastungsfolgen beim DDR-Kosmonauten für die spezielle Tätigkeit unter den besonderen Bedingungen des ersten Kosmosinsatzes ausgeschlossen werden. Die arbeitsbedingte Ermüdung als Belastungsfolge zeigt statistisch sichtbare Unterschiede, sowohl zwischen den einzelnen Untersuchungsetappen als auch zwischen den Werten zu Beginn und Ende der täglichen Arbeitsperiode innerhalb der jeweiligen Unter-



Fehler für die Zeitstreckenschätzung in Prozenten (Mittelwert der Messung ohne Berücksichtigung von Unter- und Überschätzungen).

suchungsetappe. Die arbeitsbedingte Ermüdung war in der Untersuchungsphase vor dem Raumflug geringer als während der Arbeit im Orbit und in der Untersuchungsphase nach der Landung.

Das Profil der erlebten Intensitäten „arbeitsbedingter Ermüdung“ für die drei Untersuchungszeiträume zeigt, daß erhebliche Unterschiede in der Intensität des Ermüdungserlebens zwischen den einzelnen Untersuchungsetappen und zeitpunkten an gleichen Tagen auftraten.

#### Experiment „Atmung“

Das Ziel des Experiments bestand in der Untersuchung der Veränderungen von Parametern der äußeren Atmung, in der Präzisierung ihres Charakters und möglicher Mechanismen ihrer Entstehung während der Phase der akuten Anpassung an die Schwerelosigkeit. Die Untersuchungen wurden von den Mitgliedern der sowjetisch-vietnamesischen und sowjetisch-kubanischen Besuchsexpedition in der Orbitalstation „Salut-6“, vorgenommen.

Verwendet wurde das Gerät „Pneumotest-78“, welches im Rahmen des Programms „Interkosmos“ unter Beteiligung sowjetischer Spezialisten in der DDR entwickelt wurde. Es beruht auf dem Prinzip der Fleisch'schen Düse.

Bestimmt wurden das Atemzugsvolumen (AZV), das Atemminutenvolumen (AMV), die Atemfrequenz (AF), die Vitalkapazität (VK) und das inspiratorische Reservevolumen.

Die Untersuchungen wurden im Zustand relativer Ruhe, während muskulärer Belastung auf dem Fahrradergometer, bei Wirkung von Unterdruck auf die untere Körperhälfte sowie beim Tragen pneumatischer Manschetten an den Oberschenkeln am 2. und 5. Tag des Aufenthaltes in der Schwerelosigkeit vorgenommen.

Es konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Im Ruhezustand war das AMV signifikant erhöht, was auf eine Zunahme der AF zurückzuführen war.
- Bei muskulärer Belastung (Fahrradergometer) lagen die Werte für das AMV unter denen vor dem Start ermittelten.
- Das AZV bei muskulärer Belastung war verringert.
- Die VK war bei einem Manschettendruck von 5,3 kPa auf die Oberschenkel sowohl vor dem Start als auch während des Fluges leicht vergrößert.
- Bei der Applikation von Unterdruck auf die untere Körperhälfte kam es zu keinen eindeutigen Veränderungen der VK.

Die Experimente trugen dazu bei, Kenntnisse über die Psychophysiologie der Tätigkeit von Kosmonauten zu gewinnen. Die Befunde zeigten in Übereinstimmung, daß eine anforderungsspezifische Ermüdung sowie eine emotionale Anspannung bei den untersuchten Kosmonauten zu verzeichnen war.

Dabei wurde deutlich, daß diese Reaktionen zu keiner Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens sowie der Arbeitsfähigkeit führten. Die Experimente stellen einen Beitrag zur Vervollständigung der Methodik psychophysiologischer Unter-

suchungen sowie der medizinischen Kontrolle von Kosmonauten während des Raumfluges dar.

### Biosatellitenexperimente

Die physiologische Zeitordnung des Organismus ist ein wichtiger Faktor in dem Adaptationsprozeß an die ihn umgebende Welt. Biorhythmen von verschiedenen Körperfunktionen erweisen sich als ein wichtiger Indikator der Adaptationsfähigkeit.

Störungen der Organismus-Umwelt-Beziehungen gehen stets einher mit Störungen der biologischen Zeitregulation.

Mit dem Biosatelliten Kosmos 1129 wurde geprüft, wie sich die Umkehr eines künstlichen Hell-Dunkel-Regimes (am 10. Tag eines 18 1/2-tägigen Fluges) auf den Tagesrhythmus der Körpertemperatur und der spontanen motorischen Aktivität während des Fluges und die Rückkehr zur Erde auf die hierarchischen Beziehungen der Biorhythmen (zirkadiane und Minutenrhythmen) von Wistaraffen auswirkt.

Der Biorhythmus der beiden untersuchten Parameter begann sich noch während des Fluges auf den neuen Taktgeber Licht-Dunkel einzustellen.

Erfolgte in diesem Umstellungsprozeß die Landung, kam es zu sehr starken Störungen in der Hierarchie der Biorhythmen.

Anhand der Minutenrhythmen konnte nachgewiesen werden, wie sich im Readaptationsprozeß die biologische Zeitorganisation wieder aufbaute.

Erstmals wurden von der UdSSR mit den Raumschiffen Kosmos 1514 und Kosmos 1667 jeweils zwei Affen in den Weltraum gebracht und komplexe Untersuchungen vorgenommen. Es waren die Adaptationsmechanismen an die Schwerelosigkeit zu untersuchen. Analog zum Biosatelliten Kosmos 1129 wurden Minutenrhythmen sensorischer und motorischer Funktionen untersucht.

Die ermittelte gesetzmäßige Dynamik der Frequenzvariabilität des Minutenrhythmus an Affen und Ratten während oder nach kosmischen Flügen ermöglicht es, den Zustand eines Organismus zu beurteilen. Die Ergebnisse zeigen:

1. Die Adaptation an die Schwerelosigkeit vollzieht sich schneller als die Readaptation nach Rückkehr zur Erde.
2. Die Umstellung in der biorhythmischen Hierarchie hängt von der Beanspruchung (Streß) des Organismus ab. Je stärker eine Belastung, desto schwieriger erfolgt die Umstellung in der zeitlichen Organisation.

Diese Ergebnisse sind für die Schichtarbeit von Bedeutung.

Mit einem neuen computergestützten automatischen Schlafanalysator wurde das elektro-physiologische Schlafprogramm des Affen Gordy während eines siebentägigen kosmischen Fluges registriert.

Zur Verifizierung der biologischen Rhythmen an Ratten und Affen wurde von Spezialisten der DDR und der UdSSR ein mathematisches Komplexprogramm „Biorhythmus“ erarbeitet, welches nicht nur bei stationären, sondern auch bei instationären Prozessen angewendet werden kann.

An Bord des Biosatelliten 1514 befanden sich trächtige Ratten zur Untersuchung ihrer Reproduktion und Entwicklung. Es wurde festgestellt, daß Mineralien und Spurenelementkonzentrationen in unterschiedlichen Geweben der Muttertiere und deren Nachkommen spezifische Charakteristika des Einflusses von Schwerelosigkeit auswiesen.

Die entsprechende Zufuhr von Mineralien während eines kosmischen Fluges wurde empfohlen.

Als ein stabiler Informationsträger für Prozesse des Mineralstoffwechsels und der Spurenelemente unter Bedingungen des kosmischen Fluges erwiesen sich die Haare.

Von weiblichen Tieren (Kosmos 1514) und männlichen Tieren (Kosmos 1667) wurde der Karbonatapatitgehalt der Zähne und der Kieferknochen untersucht. Das Karbonatapatit bei männlichen Ratten war nach dem kosmischen Flug vermindert, die weiblichen Ratten wiesen dagegen keine Veränderungen auf.

Ein Flug von der Erde weg in den kosmischen Raum bedeutet auch das Eindringen in ein neues, dem Leben fremdes Strahlungsklima. Um das damit verbundene Risiko einschätzen zu können, muß dieses Strahlungsklima erforscht werden.

Bestimmungen der Nachweiseffektivität von Thermolumineszenzdetektoren in Feldern schwerer geladener Teilchen wurden durchgeführt. Es zeigte sich für Detektoren auf der Basis von LiF:Mg, Ti, daß die relative Nachweiseffektivität, bezogen auf  $^{60}\text{Co}$ -Gamma-Strahlung für Protonenenergien  $E_p \geq 20 \text{ MeV}$  gleich eins ist. Mit sinkender Teilchenenergie nimmt die Effektivität ab. Diese grundlegenden Untersuchungen sind Voraussetzung für die Interpretation der Meßergebnisse bei Bestrahlungen in Feldern kosmischen Ursprungs, so auch bei den Experimenten, die 1985 an Bord des Biosputniks 1667 mit Hilfe experimenteller Anordnungen aus der DDR stattfanden. Die Messungen erfolgten mittels extrem dünner Thermolumineszenz-



detektoren aus  $\text{CaF}_2\text{:Mn-PTFE}$  und mit Festkörperspurdetektoren aus Makrofol. Die erzielten Meßdaten dienen zur Optimierung der Abschirmungen an Raumflugkörpern und zur Vervollkommnung der Schutzanzüge der im freien All arbeitenden Kosmonauten.

### Modellexperimente

Untersuchungen der funktionellen Veränderungen, der akuten und der Langzeitadaptation sowie der Vermeidung pathologischer Prozesse des Herz-Kreislauf-Systems haben entscheidende Bedeutung zur Gewährleistung der Arbeitsfähigkeit bei kosmischen Flügen. Tierexperimentelle Forschungen zu dieser Thematik sind über die chronische Instrumentierung von Versuchstieren über mehrere Monate bis zu einem Jahr möglich geworden.

Dazu wurden in der DDR zielgerichtet drahtgebundene und telemetrische Methoden der kontinuierlichen Erfassung von hämodynamischen und zentralnervalen Vitalfunktionen am wachen, locker fixierten bzw. freibeweglichen Rhesusaffen entwickelt. Experimente an Rhesusaffen unter eskalierendem Emotionalstress und in unbeflügelter Ruhesituation mittels telemetrischer und drahtgebundener Meßwertgewinnung in Kombination mit speziell angepaßten Provokationstests erbrachten weitere Erkenntnisse über die physiologische Variationsbreite sowie ihre Auslenkungen nach mehrmonatiger intensiver Belastung.

Die telemetrische Registrierung des EKG und des arteriellen Blutdrucks erfolgt durch miniaturisierte, implantierbare Sendesysteme. Diese miniaturisierten Sendesysteme haben gleichfalls für die irdische Medizin wie Sport- und Arbeitsmedizin sowie Geburtenüberwachung ihre Bedeutung.

Zur Optimierung des Adaptationsprozesses an den kosmischen Flug ist in Gemeinschaftsarbeit mit sowjetischen Spezialisten an Affen das adaptogene Polypeptid Substanz P getestet worden. Es erwies sich, daß durch intravenöse SP-Applikation die bedingt-reflektorische Tätigkeit während und 4–7 Tage nach Absetzen verbessert war.

Desweiteren wurde der adaptogene Effekt der Substanz P ( $\text{SP}_{1-11}$ ) bezüglich der Reproduktionsfunktion gestreßter weiblicher Ratten und deren Nachkommenschaft nachgewiesen. In Untersuchungen unterschiedlicher Sequenzen ergab sich, daß die N-terminale SP-Sequenz den günstigsten Effekt für die Adaptation unter Stressoreinfluß bewirkt.

Die Erkennung von Wirkmechanismen ionisierender Strahlung unterschiedlicher Qualität

in biologischen Systemen ist sowohl für die irdische Medizin, speziell für die Strahlentherapie, als auch für den effektiven Schutz von Raumfliegern bedeutungsvoll. So untersuchten DDR-Wissenschaftler systematisch die Strahlenschäden an der DNS von Säugetierzellen und deren Reparaturprozesse. Es wurde eine Modellbeschreibung der Strahlenschädigung auf molekularem und zellulärem Niveau entwickelt, die es erlaubt, bei Kenntnis der experimentellen Dosis-Effekt-Kurve für Röntgenstrahlen, den Zellkernquerschnitt und den physikalischen Daten einer anderen Strahlenart, die entsprechende Dosis-Effekt-Kurve für die fragliche Strahlenart vorherzusagen. Es wurden damit die Grundlagen geschaffen, für Strahlenschutz zwecke bei Kenntnis der physikalischen Parameter der Strahlung, deren relative biologische Wirksamkeit vorherzusagen. Diese Untersuchungen sind gleichfalls nötig, um schnelle Neutronen in der Krebstherapie einzusetzen. Die physikalisch-technischen und theoretischen Grundlagen für die Neutronentherapie wurden im Zusammenhang mit den Arbeiten im Interkosmos-Programm geschaffen.

### Fernerkundung der Erde

Die Ständige Arbeitsgruppe Fernerkundung im Programm Interkosmos wurde 1975 in Baku (UdSSR) gegründet. Die Entwicklung von technischen Mitteln zur Gewinnung von Fernerkundungsdaten über die Erde von Bord bemannter Raumflugkörper und automatischer Satelliten ging einher mit der Ausarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen für die Untersuchung natürlicher Objekte mit Methoden der Fernerkundung. 1975 war der Erkenntnisstand auf diesem Gebiet so weit entwickelt, daß eine klare Aufgabenstellung auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen einer selbständigen Arbeitsgruppe des Programms Interkosmos der sozialistischen Länder formuliert werden konnte. In drei Sektionen wurde das Problem der Entwicklung der Methoden, technischen Mittel und Technologien für

- Datengewinnung,
- Datenverarbeitung und
- Interpretation

im Interesse verschiedener Zweige der Geowissenschaften im Komplex angegangen. Die Fach-

leute der DDR leisteten mit der Entwicklung und Fertigung der Multispektralkamera MKF-6 gemeinsam mit Spezialisten der UdSSR einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung der Multispektraltechnik.

## Multispektraltechnik

Die Fernerkundung der Erde aus Flugzeugen und aus dem Weltraum ist für viele Zweige der Wissenschaften und Volkswirtschaft von großem Interesse. Die Anwendung der Multispektraltechnik führte z. B. in der Kartographie, Landnutzungs- und Territorialplanung, Geologie, Hydrologie, Land- und Forstwirtschaft, sowie der Umweltkontrolle zu bedeutenden Rationalisierungseffekten.

Die Multispektralkamera MKF-6 stellt eine optimale Lösung zur Erfüllung einer Reihe unterschiedlicher technischer Forderungen der genannten Anwender dar, die Anfang der 70er Jahre in Forschungseinrichtungen der Akademie der Wissenschaften der UdSSR formuliert wurden. Die Verbindung der tiefgründigen theoretischen und experimentellen Voruntersuchungen auf dem Gebiet der Multispektralfotografie in der UdSSR mit den Erfahrungen des Kombinats Carl Zeiss Jena im optischen Präzisionsgerätebau führte zu einem Erzeugnis hoher Zuverlässigkeit und Qualität zur Erzeugung von Aufnahmen mit optimaler geometrischer, radiometrischer und spektraler Auflösung.

Die MKF-6 stellt einen Block von 6 Präzisionsobjektiven Pinatar 4/125 dar, die (mit synchron gesteuerten Verschlüssen und Bandpaßfiltern ausgerüstet) die gleichzeitige Belichtung von 6 Schwarz-Weiß-Aufnahmen mit präziser geometrischer Kongruenz gewährleisten. Die Bildqualität der 55 x 80 mm-Kleinformat-Aufnahmen (70 mm Rollfilm) wird u. a. bestimmt durch die Präzision der Filter-Optik-Film-Kombination. Diese kann in Abhängigkeit von den naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen und den technisch-organisatorischen Möglichkeiten variiert werden. Eine wichtige Rolle bei der Luftbild- und Weltraumfotografie spielt die Verschmierung durch die Vorwärtsbewegung des Trägers (Flugzeug, Satellit). Aus diesem Grunde wurde für die MKF-6 ein neuartiges System der Vorwärtsbewegungskompensation entwickelt: Im Moment der Belichtung des Films wird der gesamte Kamerakörper analog der Grundgeschwindigkeit des Trägers entgegen der Flugrichtung geschwenkt.

Das gesamte Kamerasystem wurde so für den Einsatz im Weltraum und auf Flugzeugen opti-

miert. Den ersten Einsatz im Weltraum erlebte die Kamera im September 1976 auf dem sowjetischen Raumschiff SOJUS-22 (Kosmonauten Bykowski und Axjonow) mit dem Interkosmos-Experiment „Raduga“ („Regenbogen“). Im Verlauf des Experiments wurden ausgewählte Gebiete der UdSSR und DDR aus dem Weltraum fotografiert. Quasisynchron durchgeführte Luftaufnahmen mit einer Kamera gleichen Typs aus einem Flugzeuginstrumentarium AN-30 sowie Bodenmessungen in den Testgebieten lieferten Vergleichsmaterialien für die wissenschaftliche Interpretation der Daten. Die während des Experiments gewonnenen Erfahrungen bei der Handhabung der Kamera sowie die Auswertung der kosmischen Aufnahmen bestätigten die Zuverlässigkeit und Präzision dieses Erzeugnisses des VEB Kombinat Carl Zeiss Jena und die hervorragende Bildqualität. Die Auflösung von Details auf den Original-Negativen erreicht in der Bildmitte 160 und am Bildrand 100 Linien pro Millimeter. Damit ergibt sich bei kosmischen Aufnahmen aus einer Orbithöhe von 350 km eine Detailauflösung der Bodenobjekte von 10 m. Jedes Originalnegativ stellt einen spektralen (Farb-)Auszug der remittierten elektromagnetischen Strahlung der Bodenobjekte dar, der sich in Form von Dichte- (Grau-)werten abbildet. Das erfaßte Spektralintervall wird durch die Halbwertsbreite der Bandpaßfilter bestimmt, die im Wellenlängenbereich 480 bis 720 nm (5 Kanäle) je 40 nm und im nahen Infrarotbereich bei 840 nm 100 nm beträgt.

Für die Auswertung und thematische Interpretation der Multispektralaufnahmen ist die Kombination verschiedener Farbauszüge zu einem synthetisierten Farbmischbild erforderlich. Dieses kann mit optisch-analogen oder elektronisch-digitalen Verfahren erzeugt werden. Der VEB Kombinat Carl Zeiss Jena hat dazu die erforderlichen technischen Mittel entwickelt und ein komplettes Sortiment von Geräten für die optisch-analoge Bilddarstellung und -bearbeitung bis zur -digitalisierung im Angebot.

Im Rahmen des Interkosmos-Programms wurde von Fachleuten der Akademien der Wissenschaften der UdSSR und der DDR ein Methodenwerk „Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen“ angefertigt und in drei Sprachen (Russisch, Englisch und Deutsch) herausgegeben. Der Atlas dient als Lehr- und Nachschlagewerk für Anwender der Multispektraltechnik. Er enthält methodische und technologische Anleitungen und fachspezifische Hinweise für die Interpretation multispektraler Aufnahmen für verschiedene Wissenschafts- und Volkswirtschaftszweige, wie Geologie, Hy-

drologie, Land- und Forstwirtschaft, Umweltkontrolle, Landnutzungs- und Territorialplanung. Sie sind an konkreten Interpretationsbeispielen erläutert.

Die Multispektralkamera MKF-6 wurde auf Grund ihrer hervorragenden technischen Perfektion und der volkswirtschaftlichen Effektivität der Anwendung der kosmischen Aufnahmen zu einem Standardgerät der Ausrüstung der sowjetischen bemannten Weltraumstationen. Im wissenschaftlichen Programm des ersten gemeinsamen Weltraumfluges UdSSR/DDR mit unserem Fliegerkosmonauten Sigmund Jähn spielten Experimente mit der Kamera eine zentrale Rolle. Sie hat sich in jahrelangem Einsatz auf den Stationen SALUT-6 und -7 bewährt und wird auch auf der sowjetischen modularen Forschungsstation MIR eingesetzt werden. Für den Flugzeugeinsatz wurde im Kombinat VEB Carl Zeiß Jena eine modernisierte Variante der Multispektralkamera mit 4 Kameraobjektiven entwickelt. Die MSK-4 ist leichter, durch Automatisierung einiger Steuerprozesse leichter handhabbar und garantiert die gleiche Bildqualität bei Erhöhung der Informativität durch Ergänzung des Systems der Dateneinbeileuchtung.

### Methoden der Fernerkundung

Die Fernerkundung gewährleistet die Messung räumlich-struktureller und radiophysikalischer (spektral definierter Strahlungs-)Parameter der Bodenobjekte. Bei der Datengewinnung werden passive und aktive Methoden angewendet. Passive Methoden der Datengewinnung sind

- Fotografische Aufnahmeverfahren mit Luftbildmeßkamern und Multispektralkameras;
- Messung der remittierten Strahlung im sichtbaren und nahen Infrarot-Bereich des Spektrums mit Spektroradiometern und Multispektral-scannern;
- Messung der Eigenstrahlung der Bodenobjekte im thermischen Infrarot-Bereich des Spektrums mit Radiometern und Thermovisionkameras;
- Messung der Strahlungstemperatur im UHF-(Mikrowellen-)Bereich des Spektrums mit Radiometern.

Aktive Methoden der Datengewinnung sind

- Messung von Rückstreu- und Echosignalen im UHF-(Mikrowellen-)Bereich mit Seitensicht-radar (SLAR) und Synthetic-Aperture-Radar (SAR);
- Messung von Rückstreu-Echosignalen im sichtbaren und nahen Infrarot-(VNIR)Bereich mit Impuls-Laser-Meßgeräten (LIDAR).

Die Datenverarbeitung erfolgt mit optisch-analogen bzw. digitalen Verfahren. Die Anwendung von Methoden und Mitteln der digitalen Daten-(Bild-)verarbeitung gestattet eine weitgehende Automatisierung der Datenverarbeitungsprozesse. Für die Interpretation der gewonnenen Informationen im Interesse der verschiedenen Wissenschaftszweige ist das Fachwissen der Spezialisten unersetzliche Grundlage. Die Methoden der fotografischen Fernerkundung der Erde konnten dank des großzügigen Angebots der UdSSR zur Durchführung gemeinsamer Weltraumflüge sowjetischer Besatzungen mit Forschungskosmonauten der Interkosmos-teilnehmerländer zu einem hohen Stand entwickelt werden. Dazu trugen die gemeinsamen Experimente auf der Orbitalstation SALUT-6 mit der sowjetischen Großformatkamera KATE, der MKF-6M sowie verschiedenen Handkameras wie Pentacon-six, Praktica EE-2 und B 200 bei. Während im Zeitraum 1975 bis 1985 der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten der Interkosmos-Arbeitsgruppe Fernerkundung auf die Lösung system-inhärenter technisch-technologischer Fragen der Datengewinnung und -verarbeitung gerichtet war und die Grundlagenuntersuchungen für die thematische Interpretation der Daten in mehreren Arbeitsrichtungen unter Berücksichtigung der disziplinären Spezifika geführt wurden, kristallisierten sich die Probleme der thematischen Interpretation von Daten der Fernerkundung und der Darstellung ihrer Ergebnisse mehr und mehr als eigenständige Forschungsrichtungen heraus. Die wissenschaftliche Durchdringung des Prozesses der Interpretation war verbunden mit der Einordnung der Daten der Fernerkundung in das bereits vorhandene Begriffssystem der verschiedenen Disziplinen. Dabei zeigte sich, daß die zu messenden physikalischen Parameter und die daraus abzuleitenden Informationen in den verschiedenen Fachdisziplinen unterschiedliche methodische Herangehensweisen erfordern. Daraus resultiert eine Umstrukturierung der Arbeitsgruppe Fernerkundung und eine Orientierung der gemeinsamen Forschungsarbeiten auf internationale komplexe Zielprojekte. Die Anstrengungen zur Weiterentwicklung der Methoden und technischen Mittel für die Datengewinnung und -verarbeitung werden zielstrebig fortgesetzt. Den Schwerpunkt bilden jedoch die disziplinär orientierten Projekte

- Untersuchung des Zustandes und der Dynamik von Geosystemen mit Methoden der Fernerkundung;
- Untersuchung des Weltmeeres mit Berücksichtigung des Einflusses der Atmosphäre und



- Untersuchung geologischer Strukturen mit Methoden der Fernerkundung.

Unter Geosystemen verstehen wir Landschaftsausschnitte mit ihren vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre, die einer intensiven anthropogenen Beeinflussung unterliegen. Zur Ausarbeitung der Methoden zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen spektralen und räumlichen Charakteristika und dem Zustand der natürlichen und technogenen Komponenten von Geosystemen werden international komplexe Subsatellitenexperimente durchgeführt.

Im Juli 1986 fand auf dem Territorium der DDR ein solches Experiment mit der Bezeichnung „Geox-86“ statt. Daran beteiligten sich Spezialisten aus wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen aus 6 sozialistischen Ländern (UVR, DDR, MVR, VRP, UdSSR, CSSR). Während des Experiments wurden Satelliten-, Flugzeug- und Bodenmessungen zur Bestimmung physikalischer Parameter in vier Testgebieten durchgeführt:

- Leipzig – ein städtisches Geosystem (Institut für Geographie und Geoökologie der AdW der DDR),
- Dübener Heide – ein Waldgeosystem (Zentrum für Umweltgestaltung des MUW),
- Potsdam und Eberswalde – zwei agrotechnische Geosysteme (Zentralinstitut für Physik der Erde, Päd. Hochschule Potsdam und Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL)

Die kosmischen Aufnahmen wurden von den sowjetischen bemannten Orbitalstationen SALUT-7 und MIR sowie den Satelliten KOSMOS-1602, -1689 und METEOR-30 hergestellt. Für Flugzeugaufnahmen wurden Flugzeuge L-410 und AN-2 der Interflug mit Fernerkundungstechnik der Interkosmosteilnehmerländer eingesetzt:

- Multispektralfotografie und Spektrometrie (DDR)
- Thermovisionmessungen zur Bestimmung der Oberflächentemperatur (VRP, DDR)
- Mikrowellenradiometrie zur Bestimmung der Bodenfeuchte (UdSSR, DDR).

Die Bodenuntersuchungen in den Testgebieten führten internationale thematische Arbeitsgruppen der Teilnehmerländer durch, denen je nach Aufgabenstellung Geografen, Landschaftsökologen, Geophysiker, Kartografen, Bodenkundler, Geobotaniker sowie Agronomen und Forstwirte angehörten.

Das gewonnene Datenmaterial ist sehr umfangreich. Die Bearbeitung und Interpretation zur Ableitung von Empfehlungen für verschiedene Zweige der Volkswirtschaft zur Nutzung der Methoden der Fernerkundung wird ca. ein Jahr dauern. Die Ergebnisse werden in einem Abschlußbericht in russischer Sprache zusammengefaßt und in den Interkosmosteilnehmerländern genutzt.

## Untersuchung des Weltmeeres mit Berücksichtigung des Einflusses der Atmosphäre

Wissenschaftler und Techniker des Instituts für Kosmosforschung der AdW der DDR leisteten einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung spektrometrischer Geräte im Rahmen der Interkosmos-Zusammenarbeit. 1979 bis 1982 wurde das im sichtbaren und nahen Infrarotbereich des Spektrums spektral und radiometrisch hochauflösende Mehrkanalspektrometer MKS auf den Satelliten Interkosmos-20 und -21 getestet. Das wissenschaftliche Programm der Datenauswertung beinhaltet zwei Schwerpunktaufgaben: Bestimmung des Koeffizienten der spektralen Helligkeit der Ozeanoberfläche u. a. zur Erkennung bioproduktiver Gebiete und Bestimmung optischer Parameter der Atmosphäre (optische Dicke und Streuungsindikator) zum Studium ihres Einflusses auf den Strahlungstransport. Die Ergebnisse der gemeinsamen Experimente (UdSSR-DDR) bewogen die Fachleute dazu, das Gerät für den Einsatz auf bemannten Orbitalstationen zu modifizieren. Es entstand das Mehrkanalspektrometer MKS-M mit einem Steuerpult mit digitaler Magnetbandaufzeichnung der Daten und synchroner visuell-instrumenteller Beobachtung des Experimentierfeldes sowie fotografischer Registrierung. Die Experimente wurden 1983 bis 1985 auf der sowjetischen Orbitalstation SALUT-7 durchgeführt. Durch komplexen Einsatz des MKS-M mit der MKF-6M wurde die wissenschaftliche Ausbeute beider Geräte befruchtet: Die fotografischen Multispektralaufnahmen ermöglichen eine exakte geografische Zuordnung der synchronen MKS-M-Meßwerte. Die Absolutmeßwerte der spektralen Radianz ihrerseits ermöglichen eine radiometrische Kalibrierung der Fotoaufnahmen.

Zur Ausarbeitung der Methodik zur Bestimmung von Parametern der Meeresoberfläche und der Atmosphäre sowie zur Untersuchung und mathematischen Modellierung des Strahlungstransports im System „Atmosphäre-Oberfläche“



wurden eine Reihe Subsatellitenexperimente durchgeführt. Bei den Experimenten „Schwarzes Meer – Interkosmos-83, -84 und -85“ wurden mit gleichen (MKS-)Meßgeräten von Bord eines Flugzeuginstrumentums AN-30 und auf Forschungsschiffen der Ukrainischen AdW synchron zu SALUT-7 Strahlungsmessungen durchgeführt. Daran beteiligten sich auch Spezialisten des Meteorologischen Dienstes der DDR (Aerologisches Observatorium Lindenberg) mit ihrem Boden-Atmosphären-Spektrometer. Diese Grundlagenuntersuchungen sind für die Schaffung des sowjetischen operativen Systems zur globalen Ozean- und Atmosphärensondierung notwendig.

### Untersuchung geologischer Strukturen

Fachleute des Zentralinstituts für Physik der Erde der AdW der DDR und des Zentralen Geologischen Instituts des Ministeriums für Geologie der DDR leisteten wesentliche Beiträge zur Ausarbeitung von Methoden und Technologien zur geologischen Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen. In enger Kooperation mit den sowjetischen Fachkollegen und Spezialisten anderer IK-Teilnehmerländer wurden spezielle Interpretationsverfahren zur Lagerstättenprognose, zur Untersuchung endogener und exogener Prozesse sowie zur Erkennung der geologischen Natur von Lineationen entwickelt. Im Rahmen von projektbezogenen Untersuchungen werden die digital-instrumentellen Methoden der geologischen Interpretation weiterentwickelt.

### Digitales Bildverarbeitungssystem

Grundlage für digital-instrumentelle Auswertungsverfahren sind digitale Bildverarbeitungssysteme.

Daten der Fernerkundung haben einen sehr großen Informationsgehalt. Viele Prozesse sind in unterschiedlichen Maßstäben, in mehreren Spektralintervallen und multitemporal zu untersuchen. Dadurch vervielfachen sich die Arbeitsschritte im Interpretationsprozeß. Dieser ist letztlich nur durch Teilautomatisierung der jeweils formalisierbaren Bearbeitungsabläufe zu beherrschen.

Wissenschaftler und Techniker des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse der AdW der DDR schufen in Zusammenarbeit mit Fachleuten aus Organisationen der kosmischen Fernerkundung der UdSSR ein digitales Bildverarbeitungssystem mit der Bezeichnung KTS. Dieses wurde der Ständigen Arbeitsgruppe Fernerkundung des Interkos-

mosprogramms 1982 vorgestellt. 1983 begann die Serienfertigung im Kombinat VEB Robotron unter der Bezeichnung BVS A6470. Die interaktive Bildauswertung im Dialogbetrieb mit dem System, wie auch automatisierte Analyseverfahren zur Routineauswertung von Bildserien sind für den Anwender nicht nur auf dem Gebiet der Fernerkundung der Erde unentbehrliche Hilfsmittel geworden. Die Nutzung der digitalen Bildverarbeitung ist z. B. in der Medizin und in der Materialdiagnostik ein wichtiges Rationalisierungsmittel geworden.

Die in den letzten Jahren in der AG Fernerkundung erzielten Fortschritte bei der Entwicklung von Methoden und anwendungsbezogener Software zur interaktiven thematischen Analyse der konventionellen visuellen Fotointerpretation mit Verfahren der digitalen Bildverarbeitung und der rechnergestützten Objektklassifizierung multispektraler fotografischer und Scannerdaten sind eine wesentliche Voraussetzung zur Einbeziehung von Daten der Fernerkundung in bestehende fachspezifische Datenspeicher und thematische Informationssysteme sowie zur Entwicklung künftiger komplexer Geoinformationssysteme.

## Der erste gemeinsame bemannte Weltraumflug UdSSR-DDR

SIGMUND JÄHN

Neun Jahre nach der Vereinbarung des Programms Interkosmos, im Juli 1976, hatte die UdSSR ihren Partnerländern den Vorschlag unterbreitet, Bürger dieser Staaten für die Teilnahme an bemannten Flügen in sowjetischen Raumschiffen und Orbitalstationen vorzubereiten. Dazu wurden die entsprechenden Beschlüsse gefaßt. U. a. sah das Raumflugprogramm vor, daß die Partnerländer ihren Beitrag mit aktiven wissenschaftlichen Experimenten und neuartigen Geräten erweitern, während die sowjetische Seite – wie bei anderen gemeinsamen Vorhaben auch – die Raketen und die raumfahrttechnischen Mittel kostenlos zur Verfügung stellt. Die Kandidaten sollten nach Möglichkeit Militärflyer mit Hochschulbildung sein, die über gefestigte Kenntnisse der russischen Sprache verfügen. Die gesundheitlichen Anforderungen spielten dabei eine wesentliche Rolle.

Der Wunsch der sowjetischen Seite, die Kandidaten aus dem Kreis der Flugzeugführer auszuwählen, die die russische Sprache beherrschten, ergab sich noch aus einem anderen Umstand. Die künftigen Kosmonauten sollten in einer möglichst kurzen Zeit so ausgebildet werden, daß sie nicht nur wissenschaftlich arbeiten konnten, sondern in allen Fluegetappen, so wie ihre sowjetischen Kommandanten, die Steuerung und Bedienung des Raumschiffes Sojus beherrschen. Im Notfall mußten sie in der Lagesein, so drückte das der Leiter der sowjetischen Kosmonautenausbildung, Generalleutnant Schatalow, aus, nicht nur um das eigene, sondern auch um das Leben ihres Kommandanten zu kämpfen.

Bereits im Oktober 1976 eröffnete der Stellvertreter des Ministers und Chef der Luftstreitkräfte/Luftverteidigung, der damalige Generalleutnant Reinhold, im Beisein des Generalsekretärs der Akademie der Wissenschaften der DDR und Vorsitzenden des Koordinierungskomitees Interkosmos, Prof. Dr. habil. Claus Grote, am Institut für Luftfahrtmedizin der NVA einen Lehrgang mit ausgewählten Kosmonautenkandidaten. Ich erinnere mich, daß ich bei diesem Lehrgang im ersten Tests auf Kosmostauglichkeit zu einem Zeitpunkt bestand, als mein späterer Kommandant im Weltraum, Waleri Bykowski, gemeinsam mit Wladimir Axjonow nach seinem zweiten Raumflug mit dem erfolgreichen Erstsatz der Multispektralkamera MKF-6, der DDR gerade einen Besuch abstattete.

Am 6. Dezember 1976 nahmen wir Kandidaten aus der DDR, Oberstleutnant Eberhard Köllner und ich, die Ausbildung im Kosmonautenausbildungszentrum (KAZ) „Juri Gagarin“ gemeinsam mit zwei tschechoslowakischen und zwei polnischen Offizieren auf. In der ersten, vorwiegend theoretischen Ausbildungsetappe, hatten wir systematische Kenntnisse in Theorie der Raketentechnik, Astronomie, Astrophysik, Raumfahrtnavigation, Geophysik, Ballistik, Konstruktion und Steuerung von bemannten Raumflugkörpern zu erwerben. Nach Abschluß dieses Ausbildungszyklus erfolgte die Benennung der Besatzungen Bykowski/Jähn und Gorbatko/Köllner. In dieser Zusammensetzung (s. Titelbild) führten wir vom 22. August 1977 bis zum 9. August 1978 die theoretische und praktische Raumflugausbildung durch, wobei folgende Aufgaben zu lösen waren:

- die Aneignung von Kenntnissen über den konstruktiven Aufbau, die Systeme, die wissenschaftliche Ausrüstung und die Apparaturen des Raumschiffes Sojus und der Orbitalstation Salut 6;

- die Erarbeitung von Fertigkeiten zur Steuerung des Raumschiffes bei der Durchführung dynamischer Operationen;

- die Aneignung von Fertigkeiten für die Durchführung wissenschaftlicher Experimente und medizinischer Untersuchungen;

- der Erwerb von Fertigkeiten zur Anwendung der Lebenserhaltungssysteme während des kosmischen Fluges und nach der Landung (Wasserung) außerhalb des vorgesehenen Landegebietes;

- die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber den Belastungsfaktoren des kosmischen Fluges;

- das Training der Handlungen der Besatzung bei unvorhergesehenen Fällen und Havarien.

Einen wichtigen Platz nahm in dieser Zeit das praktische Training der Besatzung bis hin zum perfekten Beherrschen aller Flugphasen ein. Es war notwendig, innerhalb der Raumschiffbesatzung harmonisch zusammenzuwirken und so aufeinander eingespielt zu sein, daß man sich auch wortlos verstand. Dutzende Male wurden an den wirklichkeitsgetreuen Nachbildungen des Raumschiffes und der Raumstation Start, Flug, Annäherung, Kopplung, Umstieg, Arbeitsablauf, Rückflug und Landung in den unterschiedlichsten Varianten, einschließlich unvorhergesehener Fälle, trainiert. Allein das Ankoppeln übten wir etwa fünfzigmal.

Während der Ausbildung erhielten wir die Möglichkeit, uns in den Werken, wo die Raumschiffe und die Raumstation gebaut werden, gemeinsam mit der Stammbesatzung von Salut 6 mit Details der Technik, ihrer Arbeitsweise und Bedienung vertraut zu machen. Parallel dazu liefen die systematische physische und medizinische Vorbereitung und die wissenschaftliche Ausbildung, die uns befähigte, als Forschungskosmonaut an Bord von Salut 6 zu arbeiten. Dabei war der unmittelbare Kontakt mit Experten der UdSSR und der DDR von unschätzbarem Wert. Bei über 20 Experimenten aus den verschiedensten wissenschaftlichen Disziplinen waren dem Umfang der Ausbildung Grenzen gesetzt. Deshalb strebten wir danach, im unmittelbaren Kontakt mit den Experimentatoren deren Idee besser zu erfassen und so gut wie möglich in das wissenschaftliche Umfeld aller Experimente einzudringen.

Die zweite Ausbildungsetappe ging Mitte August 1978 zu Ende; ihr schloß sich die allgemeine Startvorbereitung beider Besatzungen in Baikonnur an. Durch Beschluß einer Regierungskommission wurde wenige Tage vor dem Start die erste Besatzung zum Einsatz bestätigt. Am 26. August war es dann soweit, zur berechneten

Zeit um 17<sup>h</sup>51<sup>m</sup>30<sup>s</sup> MOZ erfolgte das Startkommando. Damit nahm das Flugprogramm seinen Anfang, der entscheidenden Voraussetzung dafür, daß die Hauptaufgaben des Fluges erfüllt werden konnten. Nach 8 min 50 s hatte das Raumschiff die Anfangsumlaufbahn erreicht. Im weiteren erfolgten die Manöver planmäßig, entsprechend dem vorausberechneten Flugprofil, bis zum Zusammentreffen mit der Orbitalstation Salut 6.

Am 27. 8. 1978, um 19<sup>h</sup>49<sup>m</sup>30<sup>s</sup> wurde durch das Leuchtfeld „Kopplungsregime beendet“ angezeigt, daß das Raumschiff Sojus 31 mit dem wissenschaftlichen Orbitalkomplex Salut 6-Sojus 29 sicher verbunden war. Etwa 40 min später war der Weg zum Umstieg frei. Die Arbeit im Bestand der internationalen Besatzung Kowaljonok/Iwantschenkow/Bykowski/Jähn konnte beginnen (vgl. AuR 19 (1981) 5, Umschl.-S.). Da es verständlicherweise nicht möglich ist, im Rahmen dieses Beitrages über die gesamte, an Bord des Orbitalkomplexes geleistete Arbeit zu berichten, werde ich mich auf die Schilderung der Experimente zur Fernerkundung der Erde (und dabei besonders auf das Experiment Biosphäre) beschränken. Die anderen von mir durchgeführten Experimente wurden bereits von den zuständigen Wissenschaftlern der einzelnen Fachbereiche ausführlich hier dargelegt.

Innerhalb der Beteiligung der DDR am Programm Interkosmos nimmt die Fernerkundung der Erde einen bedeutenden Platz ein. Während des Fluges der 2. internationalen Besatzung wurden zahlreiche Aufnahmen mit der Multispektralkamera MKF 6M gemacht. Aus meteorologischen und flugtechnischen Gründen mußten die von uns gewünschten Aufnahmen vom Territorium unseres Landes jedoch später von der Stammesbesatzung der Orbitalstation angefertigt werden. Im Ergebnis des Fluges liegen eine große Anzahl MKF-6M-Aufnahmen vom Territorium der DDR vor. Die Auswertung für zahlreiche Wissenschafts- und Volkswirtschaftszweige wurde und wird in den verschiedensten Einrichtungen durchgeführt und unter Leitung des Zentralinstituts für Physik der Erde der AdW wissenschaftlich koordiniert. Inzwischen liegen natürlich auch Aufnahmen jüngerer Datums vor.

Das Programm an Bord des wissenschaftlichen Orbitalkomplexes sah im Rahmen des Experiments „Biosphäre“ auch visuelle Erdbeobachtungen in Verbindung mit Handkameraaufnahmen vor. Ein Ziel bestand darin, einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Methode der visuell-instrumentellen Beobachtung der Erde und atmosphärischer Erscheinungen aus dem

Weltraum im Interesse der Erforschung natürlicher Ressourcen, des Umweltschutzes, der Ozeanologie, der Meteorologie zu leisten. Entsprechend der Aufgabenstellung wurde die modifizierte Kamera „Pentacox six M“ eingesetzt, mit der weit über 200 Aufnahmen gewonnen wurden. Beim Experiment „Reporter“ konnte die Kleinbildkamera „Praktica EE2“ zusammen mit dem Farbfilm ORWO NC 19 auf die Verwendbarkeit für Zwecke der Dokumentation an Bord der Station geprüft werden. Außerdem wurde die Kamera auch für die Aufnahmen der Erdoberfläche eingesetzt.

Die Ergebnisse der Arbeit mit der Handkamera zeigten, daß deren Einsatz sinnvoll ist und eine Reihe von visuellen Beobachtungen dadurch anschaulicher und gehaltvoller dokumentiert werden können. Sie stellen unbestreitbar eine wertvolle Ergänzung der stationär eingebauten Präzisionskameras dar.

Natürlich sind Aufnahmen mit Handkameras in der Aussagefülle, einschließlich der Geländeaufklärung, den Multispektralaufnahmen der MKF 6M bzw. anderer stationärer Kameras unterlegen. Dennoch haben die bei „Biosphäre“ gewonnenen Fotos dazu beigetragen, insbesondere die geologischen Informationen über unterschiedliche Regionen der Erde zu erweitern. Es war aufschlußreich, daß sich die flächigen Kontraste zwischen verschiedenen Gesteinseinheiten mit dem eingesetzten Negativfilm NC 19 am besten wiedergeben ließen. Professor Bankwitz vom Zentralinstitut für Physik der Erde ist anhand der Biosphäre-Aufnahmen die Fotointerpretation äußerst interessanter geologischer Erscheinungen gelungen. Z. B. bot die Aufnahme des Oman-Gebirges die Möglichkeit der Verbesserung des vorhandenen geologischen Kartenmaterials. In der Aufnahme vom Tuz-See (s. AuR 18 (1980) 6, Bild-S. II) sind Zonen unterschiedlich intensiver Salzausscheidung und Versalzung des Bodens auf 50 bis 100 m genau lokalisierbar. Am Koh-i-Sultan sind besondere Erosionsformen des Vulkans zu kartieren. Neben den Gesteinskontrasten spiegeln sich in den Aufnahmen tektonische Merkmale (Faltenzonen, Schichtstreifen, Bruchzonen) gut wider.

Die Anwendung der gewonnenen Aufnahmen hat gezeigt, daß man mit Handkameras auch für andere Anwendungsgebiete fachspezifisch interessante Aussagen erhalten kann. So hat sich der Einsatz dieser Kamera dort als vorteilhaft erwiesen, wo z. B. für ozeanologische und meteorologische Zwecke spezielle Aufnahmen unter verschiedenen Blickwinkeln zur besseren Hervorhebung unterschiedlicher Objekte in der Atmosphäre bzw. an der Wasseroberfläche er-



forderlich sind. Die an der Auswertung der Fotodokumente beteiligten Fachwissenschaftler haben bestätigt, daß das Experiment „Biosphäre“ eine gute Perspektive für die weitere Durchführung visuell instrumenteller Beobachtungen hat.

Das wird durch die Tatsache unterstrichen, daß die Kosmonauten anderer Interkosmosländer das Experiment bei ihren Kosmosflügen fortgesetzt haben. Darüberhinaus konnten Stammbesetzungen der sowjetischen Orbitalstationen Salut 6 und 7 später mit der kleinformigen Handkamera Praktika B 200 informative Aufnahmen vom Gebiet der DDR gewinnen.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, daß das umfangreiche und anspruchsvolle wissenschaftliche Programm erfüllt wurde und eine Reihe neuer Ergebnisse sowie praktisch nutzbare Ergebnisse geliefert hat. Als indirektes Ergebnis des Fluges war zu sehen, daß im Verlaufe der Auswertung eine große Anzahl von Vorschlägen für neue kosmische Experimente bei bemannten Raumflügen, insbesondere auf den Gebieten Materialwissenschaft, Biologie und Medizin unterbreitet wurden. Auf diesen Gebieten war unsere Republik während des Fluges erstmals mit eigenen Beiträgen vertreten. Aus heutiger Sicht kann man völlig zu Recht feststellen, daß der erste gemeinsame bemannte Weltraumflug UdSSR-DDR wesentlich zur Erweiterung und Qualifizierung des nachfolgenden Beitrages unseres Landes zur Kosmosforschung beigetragen hat.

Entsprechend dem Flugprogramm wurden am 3. September 1978 um 8<sup>h</sup>16<sup>m</sup>00<sup>s</sup> die Durchgangsluken zu Sojus 29, mit der wir zur Erde zurückkehren sollten, geschlossen. Um 11<sup>h</sup>20<sup>m</sup> lösten wir das Kommando „Abkoppeln“ aus. Während des Abkoppelns steuerte W. Bykowski das Raumschiff nach einem speziellen Programm, und ich fotografierte durch das rechte Bordfenster den zurückliegenden Orbitalkomplex Salut 6-Sojus 31 mit der Praktika EE2, unser letztes Bordexperiment. Abstieg und Landung auf der Erde erfolgten programmgemäß.

Hinter uns lag eine arbeitsreiche, anstrengende und mit vielen neuen Eindrücken angefüllte Woche. Der von mir auf dem Landeapparat mit Kreide verewigte Schriftzug „Herzlichen Dank“ galt all jenen Bürgern der Sowjetunion und der DDR, die mit ihrer fleißigen, hingebungsvollen Arbeit die Voraussetzungen dafür geschaffen hatten, daß der erste gemeinsame bemannte Raumflug UdSSR-DDR erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Unser Dank gilt der UdSSR, die die entscheidende Grundlage dafür schuf und schafft, daß das Pro-

gramm Interkosmos im 20. Jahr seines Bestehens eine gute Bilanz vorzuweisen hat.

1982 hat Salut 6, die zeitweilige Heimstatt von Interkosmonauten aus neun Ländern, nach fast fünfjähriger Flugzeit ihren Dienst beendet. Ihre Nachfolgerin, Salut 7, hat aufgehört, kosmische Gäste zu empfangen. In einer höheren Flugbahn steht sie noch für den Test der technischen Ressourcen zur Verfügung.

Seit Februar 1986 ist eine Orbitalstation der dritten Generation im All – die Station „Mir“ (s. AuR 24 (1986) 4, 3. US.). Die Zeit wird zeigen, was alles in der „Neuen“ steckt; ich bin überzeugt, die kommenden Jahre werden uns manche positive Überraschung bescheren.

Nimmt man alles in allem, kann man mit Flug und Recht sagen: Das Programm Interkosmos hat in den 20 Jahren seines Bestehens einen unschätzbaren Beitrag dazu geleistet, auch den Weltraum immer mehr zu einer Lebenssphäre für den Menschen zu machen. Dahinter steht eine beachtenswerte wissenschaftlich-technische Leistung aller beteiligten Länder. Doch erschöpft sich darin nicht die Bedeutung des Vollbrachten. Gerade gegenwärtig, angesichts der Pläne imperialistischer Hochrüstungsfanatiker, das von ihnen entfesselte Wettrennen in den Weltraum hinauszutragen, ist es von außerordentlicher Bedeutung, daß ein anschauliches Beispiel dafür existiert, wie man den Kosmos zu einer Sphäre der internationalen Zusammenarbeit, zu einem Schauplatz des vertrauensvollen Miteinanders der Völker macht.

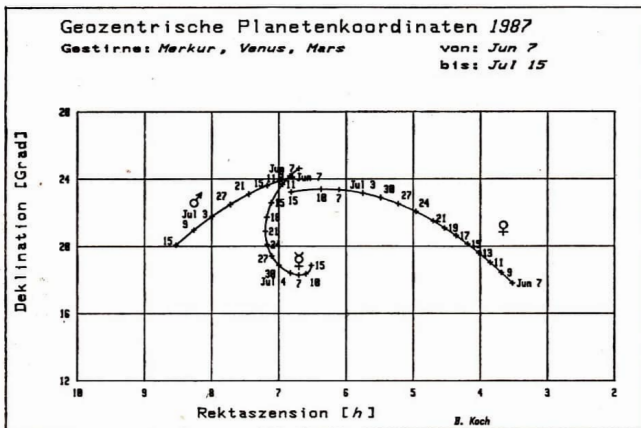
Setzen wir all unsere Kräfte dafür ein, daß der Gedanke der friedlichen Erforschung und Nutzung des Kosmos weltweit den Sieg davonträgt, zum Nutzen und zum Wohle einer gesicherten Zukunft der gegenwärtigen und der kommenden Generationen.

Die Redaktion erlaubt sich an dieser Stelle den Hinweis, daß der Autor dieses Beitrages unter dem Titel „Erlebnis Weltraum“ seine Vorbereitung und seinen Einsatz beim bemannten Weltraumflug ausführlich und packend geschildert hat. (Erschienen ist das Buch im Militärverlag der DDR.)

## Vorschau auf Heft 3/1987

Wie entstehen die langen Staubschweife der Kometen?  
 ● „Interbol“ erforscht die Magnetosphäre ● SPOT 1, ein Satellit zur Fernerkundung der Erde ● Fünf Jahre Kaspas-Sarat ● Linsenfernrohre ● Sternwartenbau ohne Kuppel ● Data – für den rechnenden Sternfreund ● Verschollene Planetoiden





Aus der Konstellationsdarstellung können zwar die Orte der Planeten nicht aber die Zeiten ihrer gegenseitigen größten Annäherung entnommen werden, da die Maßstäbe für RA und Dekl. unterschiedlich gewählt sind. – Bearbeiter: Bernhard Koch.

## Wissenschaft und Menschheit 1986

Der 21. Band dieses internationalen Handbuches liegt jetzt vor, in gewohnter sehr guter Qualität, sowohl nach dem Inhalt als auch nach seiner Form zu urteilen. 33 Autoren aus 10 Ländern (diesmal ohne DDR) sind in diesem seit 1962 jährlich erscheinenden Band vertreten, der fachlich und exakt über das wichtigste in der Weltwissenschaft informiert. Innerhalb der Rubrik „Der Mensch“ befaßt sich ein interessanter Beitrag mit kybernetischen Prinzipien der modernen Psychologie. Im Abschnitt „Die Erde“ werden die natürlichen Eiszeiten unseres Planeten hinsichtlich des Wasserhaushaltes untersucht, aber auch Katastrophen meteorologischer Art in den einzelnen Erdzeitaltern. „Überlegungen zur Raumfahrt“ von dem sowjetischen Autor Mischin lesen sich ebenso interessant wie die „Chronik der Wissenschaft“, die mit 64 Beiträgen verschiedenster Disziplinen den Band abrundet. Dem astronomisch Interessierten sei der Beitrag über Spektralklassifikationen (Charade/Bartaja) besonders empfohlen.

WOLFGANG KÖNIG

**Autorenkollektiv: Wissenschaft und Menschheit 1986, Internationales Jahrbuch.** Verlag Snanije Moskau. URANIA Verlag Leipzig/Jena/Berlin, 1. Auflage 1986, 400 Seiten, zahlreiche Abb., 200 mm × 270 mm, Leinen, Preis: 18,00 M, Best.Nr.: 6540870.

**Verkaufe** Doppelrefr. 80/500 (erweit. binok. Ausichts-fenrohr CZ, 20–84fach, parall. u. azimutal mit Zenit-sicht) für 2 TM, dazu Sonnenfilter. – Rohr-montierung 100/1000 zur Ib für 2,2 TM. – Refr. 80/500 für 900 M; alles im Bestzustand. – Beer, Glieneker Weg 100, Berlin, 1199.

**Biete** kpl. Rohrtubus m. AS-Obj. 100/1000. **Suche** kpl. Rohrtubus Cassegrain 180...200 mm Ø. Tausch mög-lich. **Suche** weiter: Sternatlas bis etwa 10. Größe. – Hans-Dieter Greißner, Bahnhofstr. 35, Rückeradorf, 7981.

**Suche** guterh. 63/840 mm-Obj. Tausch mit BLV-Him-melsführer „Sterne und Planeten“ von G. D. Roth möglich. – H. Paleske, K.-M.-Str. 34, PF 30, Langendorf, 4851.

**Suche** Refr. ab 63/840 oder Reflektor ähnl. Leistung zu kaufen. – Hartmut Goldhahn, E.-Thälmann-Str. 2, Lohmen, 8354.

**Suche** Bildmaterial von den Apollo-Mondlandungen so-wie von den anderen Mondsonden. – Jörg Tödtloff, Hallesche Straße 64, Gröbzig, 4373.

**Verkaufe** Cassegrain-Sp. 250/3000, Gittertubus, geeignet für CZ-Mont. Ib; Preis 2500 M. – P. GroBe, Cam-sdorferstraße 3, Jena, 6900.

**Verkaufe** Meniskus-Cassegrain-Sp. 150/2250 „Meniscus“, neuwertig, für 7000 M. – Ursula Pruss, Barnimstr. 12, Berlin, 1017.

**Verkaufe** neue Spiegeloptik: Newton 250/1914, noch un-belegt mit Prüfprotokoll; 800 M. – Herbert Niemz, Sternw. „J. Franz“, Czornebohstr. 82, Bautzen, 8600.

**Verkaufe** „Astronomie und Raumfahrt“ ab Heft 3/1974 (1,30 M/Heft). – Jürgen Beyer, Faleska-Meinig-Straße 106, Karl-Marx-Stadt, 9047.

# Vorrätige Hefte aller bisherigen Jahrgänge der Zeitschriften „Astronomische Rundschau“ und „Astronomie und Raumfahrt“

| Jahr   | auf Lager befindliche Hefte |       |       |         |       |       | Erklärung                           |
|--------|-----------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------------------------------------|
|        | 1                           | 2     | 3     | 4       | 5     | 6     |                                     |
| 1959   | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x |       | x x x vergriffen                    |
| 60     |                             |       |       |         |       |       | x Bestand < 10                      |
| 61     | x x x                       | x x x |       |         |       |       | leer - am Lager                     |
| 62     |                             | x x x |       | x x x   |       |       |                                     |
| So.-H. | ////////////////////        |       |       |         |       |       | Preise: pro Heft                    |
| 1963   |                             |       |       |         |       |       | bis 6/1962 0,50 M                   |
| 64     |                             | x x x | x x x |         |       |       | bis 6/1972 1,00 M                   |
| 65     |                             |       |       |         | x x x |       | ab 1/1973 1,50 M                    |
| 66     | x x x                       | x x x |       |         |       |       | Lieferung nur per Nachnahme;        |
| 67     | x x x                       |       |       | x x x   | x x x | x x x | portofrei bei Rechnung ab 30 Mark.  |
| 68     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x   | Bestellungen sind zu richten an den |
| 69     |                             |       |       |         |       | x x x | Redaktionsstz (s. Impressum).       |
| 1970   | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 71     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 72     |                             |       | x x x | x x x   | x     | x x x |                                     |
| 73     |                             |       |       |         |       |       |                                     |
| 74     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 75     |                             |       |       |         |       |       |                                     |
| 76     |                             |       |       |         | x x x |       |                                     |
| 77     | x x x                       |       |       | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 78     | x x x                       |       | x x x |         |       | x x x |                                     |
| 79     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 1980   |                             |       |       |         |       |       | x x x                               |
| 81     | x x x                       | x x x | x     | x x x x | x x x | x x x |                                     |
| 82     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x |       |                                     |
| 83     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x | x x x |                                     |
| 84     | x x x                       | x x x | x x x | x x x   | x x x |       |                                     |
| 85     |                             |       |       |         |       |       |                                     |
| 86     |                             | x     |       |         | x     |       |                                     |

## Vorläufige Sonnenfleckenzahlen November/Dezember 1986

| Tag    | Nov. | Dez. | Tag  | Nov. | Dez. |
|--------|------|------|------|------|------|
| 1      | 46   | 0    | 16   | 11   | 10   |
| 2      | 35   | 0    | 17   | 12   | 9    |
| 3      | 36   | 0    | 18   | 11   | 0    |
| 4      | 37   | 0    | 19   | 12   | 0    |
| 5      | 33   | 0    | 20   | 12   | 0    |
| 6      | 29   | 0    | 21   | 11   | 11   |
| 7      | 24   | 0    | 22   | 10   | 16   |
| 8      | 15   | 0    | 23   | 18   | 16   |
| 9      | 8    | 12   | 24   | 11   | 13   |
| 10     | 9    | 17   | 25   | 9    | 9    |
| 11     | 9    | 23   | 26   | 0    | 0    |
| 12     | 0    | 24   | 27   | 14   | 0    |
| 13     | 0    | 24   | 28   | 0    | 0    |
| 14     | 11   | 14   | 29   | 8    | 0    |
| 15     | 11   | 0    | 30   | 0    | 0    |
|        |      |      | 31   |      | 0    |
| Mittel |      |      | 14,7 | 6,4  |      |

ANDRÉ KOECKELBERGH

## Unsere Autoren

Prof. Dr. habil. Claus Grote, Generalsekretär der AdW der DDR und Vorsitzender des Nationalen Koordinierungsausschusses INTERKOSMOS der DDR, Berlin.

Generalmajor Dr. Sigmund Jähn, LSK/LV der NVA der DDR.

Autorenkollektiv. Unter diesem Begriff sind ca. 25 Professoren und promovierte Fachwissenschaftler aus der Akademie der Wissenschaften der DDR, der Humboldt-Universität Berlin, aus dem Meteorologischen Dienst der DDR, dem Rundfunk- und Fernstechnischen Zentralamt der Deutschen Post und dem Institut für Luftfahrtmedizin der Nationalen Volksarmee (NVA) der DDR zu verstehen.

Redaktionelle Zusammenfassung der Einzelbeiträge: Dipl.-Ing. H. Menzel, Institut für Kosmosforschung der AdW der DDR, Rudower Chaussee 5, Berlin, 1199.

Bernhard Koch, P.-Bertz-Str. 123, Karl-Marx-Stadt, 9044.

Bernhard Priesemuth, Theodor-Brugsch-Straße 2, Berlin-Buch, 1115.

Dr. André Koeckelenbergh, 3. av. Circ., Brüssel, B-1180.

# Raumfahrtstatistik 1985 (III)

## Ergänzende Hinweise zu einigen Raumflugkörpern

|                   |  |                  |   |
|-------------------|--|------------------|---|
| Glott             | - Halley-Kometen-sonde, passierte den Kometen Halley am 14. 3. 86 in 605 km Entfernung   | Kosmos-1689      | - Fernerkundungssatellit  |
| Kosmos-1667       | - Biosatellit mit internationaler Beteiligung (VRB, ČSSR, DDR, Frankreich, VRP, SRR, UVR, USA), an Bord: 2 Rhesus-Affen (Vernij u. Gordij), 10 Ratten, 10 Wassermolche, 1500 Drosophila-Fliegen, Guppys, Krokusse, Mais-samen u. a., Rückführung der Kabine zur Erde | Molnija 3        | - Nachrichtensatellit   |
| Molnija 3         | - Nachrichtensatellit  | STS-51 J         | - Bemannter Raumtransporter: 21. Shuttle-Flug (5 Astronauten, darunter der 2. Militär-astronaut), militärisches Raumflugunternehmen   |
| Kosmos-1669       | - unbemanntes Transportraumschiff, Kopplung mit Salut-7 am 21. 7. 85, Trennung am 28. 8. 85  | DSCS-3           | - Defense Satellite Communications System, militärische synchrone Nachrichtensatelliten, Codenamen: USA-11, USA-12  |
| STS-51 F          | - Bemannter Raumtransporter: 19. Shuttle-Flug (7 Astronauten), an Bord: Spacelab-2 (13 Experimente, darunter 1 SDI-Experiment)   | Navstar-11       | - Militärischer Navigations-satellit für das operative Einsatzsystem GPS, Codename: USA-10  |
| PDP               | - Plasma Diagnostics Package, am 1. 8. 85 durch Shuttle-Greifarm freigesetzt u. wieder aufgenommen   | China-17         | - Fernerkundungssatellit, Kapsel-rückkehr am 26. 10. (Kapsel: 1850 kg)  |
| Transit-19,20     | - SOOS-Programm: Stacked Oscar On Scout, Amateurfunktelliten unter Benutzung 22 Jahre alter Transit-Strukturen   | Molnija 1        | - Nachrichtensatellit   |
| Raduga-16         | - Synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 45 Grad östl. Länge/Stationar-9   | Meteor-3         | - Neue Wettersatellitengeneration   |
| Suisai            | - Halley-Kometen-sonde, passierte den Kometen Halley am 8. 3. 86 in 151 000 km Entfernung  | Kosmos-1700      | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Molnija 1         | - Nachrichtensatellit  | Molnija 1        | - Nachrichtensatellit   |
| STS-51 I          | - Bemannter Raumtransporter: 20. Shuttle-Flug (5 Astronauten), 2 Weltraumausstiege (ges. über 11 Stunden), Bergung des Satelliten Leasat-3 (31. 8.) und Wiederaussetzung nach Reparatur (1. 9.)  | STS-61 A         | - Bemannter Raumtransporter: 22. Shuttle-Flug (8 Astronauten, darunter: 7. US-Astronautin, 2. u. 3. BRD-Astronaut, 1. Astronaut der Niederlande), an Bord: Spacelab D-1/BRD mit 76 Experimenten   |
| Aussat-1          | - 1. australischer synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 156 Grad östl. Länge   | GLOMR            | - Global Low Orbiting Message Relay Satellit, Militärsatellit zur funkelektronischen Aufklärung von Seezielen (Daten-Relais-Satellit), zweiter Start dieses Satelliten  |
| ASC-1             | - Synchrone Nachrichtensatellit der American Satellite Company, Standort: 128 Grad westl. Länge  | Raduga-17        | - Synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 39 Grad östl. Länge/Stationar-2  |
| Leasat-4          | - Militärischer synchrone Nachrichtensatellit der US-Marine, Standort: 178 Grad östl. Länge  | STS-61 B         | - Bemannter Raumtransporter: 23. Shuttle-Flug (7 Astronauten, darunter: 8. US-Astronautin, 1. mexikanischer Astronaut), 2. Weltraumausstiege: mehrfache Montage eines 14 m hohen Turmes u. einer 4 m-Pyramide aus 126 Aluminiumstangen (Experiment: Ease Access/Assembly concept for construction of erectable space structures), Verlegen von elektrischen Leitungen mittels Greifarm, Elektrophorese-Experiment (Fa. McDonnell Douglas) |
| Big Bird          | - Komplexer militärischer Aufklärungs-satellit   | Morelos-2        | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Kosmos-1678       | - Fernerkundungssatellit   | Aussat-2         | - Synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 164 Grad östl. Länge   |
| Kosmos-1681       | - Fernerkundungssatellit   | RCA Satcom Ku-2  | - Synchrone Nachrichtensatellit für das Ku-Band, Standort: 81 Grad westl. Länge   |
| ECS-3, Spacenet-3 | - Durch Fehlstart der 15. „Ariane“-Trägerrakete gelangten die beiden Nachrichtensatelliten auf keine synchrone Umlaufbahn (3. „Ariane“-Fehlstart)  | OEX Target       | - Orbiter Experiment Target, Test eines experimentellen digitalen Autopiloten   |
| Sojus T-14        | - Bemanntes Raumschiff (3 Kosmonauten), Kopplung an Salut-7 am 18. 9.  | ITV-1,2          | - Militärische Zielsatelliten für SDI-Experimente (ASAT-Tests), Instrumented Target Vehicle, Codenamen: USA-13, USA-14  |
| Kosmos-1686       | - Modul für Raumstation, Kopplung an Salut-7 am 2. 10.   | Molnija 3        | - Nachrichtensatellit   |
| Intelsat 5A-F12   | - Synchrone Nachrichtensatellit  | Kosmos-1710-1712 | - Navigationssatelliten (Stichtag für alle Angaben: 1. 2. 87)   |

BERNHARD PRIESEMUTH

| Raumflugkörper              | Masse<br>(kg) | Staat  | Start     | Astronom.<br>Bezeichn. | Teile | Epoche               | Perigäum<br>(km) | Apogäum<br>(km) | Umlauf-<br>zeit<br>(min.) | Bahn-<br>neigung<br>(grad) | Lebensdauer<br>bzw. Umlauf<br>beendet |
|-----------------------------|---------------|--------|-----------|------------------------|-------|----------------------|------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Giotto                      | 950           | ESA    | 2. 7. 85  | 1985-56A               | 4     | Heliozentrische Bahn |                  | 310             | 89,4                      | 72,9                       | 17. 7. 85                             |
| Kosmos-1605                 |               | UdSSR  | 3. 7. 85  | 1985-57A               | 7     | +                    | 208              | 310             | 89,4                      | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1606                 |               | UdSSR  | 8. 7. 85  | 1985-58A               | 1     | +                    | 546              | 979             | 97,8                      | 82,5                       | 17. 7. 85                             |
| Kosmos-1607                 |               | UdSSR  | 10. 7. 85 | 1985-59A               | 2     | +                    | 222              | 297             | 89,3                      | 89,3                       | 29. 7. 85                             |
| Kosmos-1608                 |               | UdSSR  | 15. 7. 85 | 1985-60A               | 9     | +                    | 216              | 297             | 89,3                      | 70,4                       | 18 Jahre                              |
| Molnija 3 (Nr. 25)          |               | UdSSR  | 17. 7. 85 | 1985-01A               | 3     | +                    | 462              | 4050            | 736                       | 62,8                       | 30. 8. 85                             |
| Kosmos-1609                 |               | UdSSR  | 10. 7. 85 | 1985-02A               | 1     | +                    | 103              | 264             | 88,8                      | 51,6                       | 30. 8. 85                             |
| STS-51 F<br>(Challenger FS) | 67876         | USA    | 29. 7. 85 | 1985-03B               | —     | 30. 7. 85            | 312              | 320             | 90,76                     | 49,48                      | 6. 8. 85                              |
| PDP                         | 160           | USA    | 29. 7. 85 | 1985-03B               | —     | 1. 8. 85             | 304              | 327             | 90,76                     | 49,48                      | 6. 8. 85                              |
| Kosmos-1070                 |               | UdSSR  | 1. 8. 85  | 1985-04A               | 3     | +                    | 253              | 278             | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| Kosmos-1071                 |               | UdSSR  | 2. 8. 85  | 1985-05A               | 6     | +                    | 210              | 310             | 89,3                      | 72,8                       | 16. 8. 85                             |
| Transit-19 (Oscar-24)       | 59            | USA    | 3. 8. 85  | 1985-06A               | 5     | 11. 8. 85            | 1005             | 1263            | 108,05                    | 89,21                      | 1000 Jahre                            |
| Transit-20 (Oscar-30)       | 59            | USA    | 3. 8. 85  | 1985-06B               | 7     | +                    | 199              | 290             | 89                        | 82,3                       | 21. 8. 85                             |
| Kosmos-1072                 |               | UdSSR  | 7. 8. 85  | 1985-07A               | 2     | +                    | 204              | 294             | 89,2                      | 64,8                       | 19. 8. 85                             |
| Kosmos-1073                 |               | UdSSR  | 8. 8. 85  | 1985-08A               | 5     | +                    | 648              | 677             | 97,8                      | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1074                 |               | UdSSR  | 8. 8. 85  | 1985-09A               | 1     | +                    | 36500            | 36500           | 1476                      | 1,3                        | Mill. Jahre                           |
| Raduga-10                   |               | UdSSR  | 12. 8. 85 | 1985-70A               | 5     | +                    | 605              | 39453           | 711                       | 62,9                       | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1075                 |               | UdSSR  | 16. 8. 85 | 1985-71A               | 1     | +                    | 178              | 371             | 89,7                      | 67,2                       | 14. 10. 85                            |
| Kosmos-1076                 |               | UdSSR  | 16. 8. 85 | 1985-72A               | 3     | +                    | 656              | 40638           | 736                       | 62,8                       | 15 Jahre                              |
| Suisel (Planet-A)           | 140           | Jap.   | 22. 8. 85 | 1985-73A               | 1     | Heliozentrische Bahn |                  | 250             | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| Molnija 1 (Nr. 64)          |               | UdSSR  | 22. 8. 85 | 1985-74A               | 3     | +                    | 255              | 290             | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| Kosmos-1677                 |               | UdSSR  | 23. 8. 85 | 1985-75A               | 3     | +                    | 255              | 290             | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| STS-51 I<br>(Discovery F6)  | 90045         | USA    | 27. 8. 85 | 1985-76A               | 4     | 27. 8. 85            | 352              | 358             | 91,45                     | 28,55                      | 3. 9. 85                              |
| Ausart-1                    | 1259          | Austr. | 27. 8. 85 | 1985-70B               | —     | 20. 9. 85            | 35000            | 35007           | 1435,99                   | 0,05                       | Mill. Jahre                           |
| ASC-1                       | 1271          | USA    | 27. 8. 85 | 1985-70C               | —     | 20. 9. 85            | 35786            | 35788           | 1434,05                   | 0,13                       | Mill. Jahre                           |
| Leasat-4<br>(Syncom IV-4)   | 6895          | USA    | 27. 8. 85 | 1985-76D               | —     | 7. 9. 85             | 35777            | 35821           | 1436,62                   | 3,51                       | Mill. Jahre                           |
| Big Bird                    |               | USA    | 28. 8. 85 | —                      | —     | Fehlstart            |                  |                 |                           |                            |                                       |
| Kosmos-1078                 |               | UdSSR  | 29. 8. 85 | 1985-77A               | 8     | +                    | 196              | 311             | 89,2                      | 82,3                       | 12. 9. 85                             |
| Kosmos-1079                 |               | UdSSR  | 29. 8. 85 | 1985-78A               | 1     | +                    | 182              | 364             | 89,7                      | 64,9                       | 18. 10. 85                            |
| Kosmos-1680                 |               | UdSSR  | 4. 9. 85  | 1985-79A               | 1     | +                    | 787              | 822             | 100,8                     | 74,1                       | 120 Jahre                             |
| Kosmos-1681                 |               | UdSSR  | 6. 9. 85  | 1985-80A               | 1     | +                    | 216              | 261             | 89                        | 82,4                       | 19. 9. 85                             |
| EC-3                        |               | ESA    | 13. 9. 85 | —                      | —     | Fehlstart            |                  |                 |                           |                            |                                       |
| Spacenet-3                  |               | USA    | 13. 9. 85 | —                      | —     | Fehlstart            |                  |                 |                           |                            |                                       |
| Sojus T-14                  | 6850          | UdSSR  | 17. 9. 85 | 1985-81A               | 2     | +                    | 200              | 240             | 88,0                      | 51,6                       | 21. 11. 85                            |
| Kosmos-1682                 |               | UdSSR  | 19. 9. 85 | 1985-82A               | 20    | +                    | 435              | 454             | 93,3                      | 65                         | —                                     |
| Kosmos-1683                 |               | UdSSR  | 19. 9. 85 | 1985-83A               | 7     | +                    | 208              | 396             | 90,2                      | 72,9                       | 4. 10. 85                             |
| Kosmos-1684                 |               | UdSSR  | 24. 9. 85 | 1985-84A               | 4     | +                    | 613              | 3942            | 709                       | 62,8                       | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1685                 |               | UdSSR  | 26. 9. 85 | 1985-85A               | 10    | +                    | 209              | 379             | 90                        | 72,9                       | 10. 10. 85                            |
| Kosmos-1686                 |               | UdSSR  | 27. 9. 85 | 1985-86A               | 2     | +                    | 178              | 379             | 89,2                      | 51,6                       | —                                     |
| Intelsat 5A-F12             |               | USA    | 28. 9. 85 | 1985-87A               | 1     | 27. 10. 85           | 35767            | 35803           | 1435,91                   | 0,19                       | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1687                 |               | UdSSR  | 30. 9. 85 | 1985-88A               | 3     | +                    | 613              | 39342           | 709                       | 62,8                       | 100 Jahre                             |



|                        |        |            |           |    |                 |        |        |         |       |               |
|------------------------|--------|------------|-----------|----|-----------------|--------|--------|---------|-------|---------------|
| Kosmos-1688            | UdSSR  | 2. 10. 85  | 1985-89A  | 1  | +               | 347    | 555    | 93,4    | 50,7  | 3. Jahre      |
| Kosmos-1689            | UdSSR  | 3. 10. 85  | 1985-90A  | 1  | +               | 574    | 663    | 97      | 98    | 75 Jahre      |
| Molnija 3 (Nr. 26)     | UdSSR  | 3. 10. 85  | 1985-91A  | 1  | +               | 644    | 40 605 | 735     | 62,9  | 15 Jahre      |
| STS-51 J               | USA    |            |           |    |                 |        |        |         |       |               |
| (Atlantis F1)          |        |            |           |    |                 |        |        |         |       |               |
| DSCS 3 (USA-11)        | USA    | 3. 10. 85  | 1985-92A  | 2  | 3. 10. 85       | 400    | 476    | 93,86   | 28,52 | 7. 10. 85     |
| DSCS 3 (USA-12)        | USA    | 3. 10. 85  | 1985-92B  | 1  | 3. 10. 85       | 35 634 | 35 803 | 1436,6  | 0,3   | Mill. Jahre   |
| Nashtar-11 (USA-10)    | USA    | 3. 10. 85  | 1985-92C  | 1  | 3. 10. 85       | 35 634 | 35 803 | 1436,6  | 0,3   | Mill. Jahre   |
| Kosmos-1690            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-91A  | 11 | 22. 10. 85      | 19 822 | 29 511 | 717,94  | 63,39 | 1 Mill. Jahre |
| Kosmos-1691            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-91A  | 11 | 22. 10. 85      | 1 400  | 1 430  | 114     | 82,6  | 10 000 Jahre  |
| Kosmos-1692            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-94C  | 1  | siehe 1985-94A  |        |        |         |       | 10 000 Jahre  |
| Kosmos-1693            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-94C  | 1  | siehe 1985-94A  |        |        |         |       | 10 000 Jahre  |
| Kosmos-1694            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-94D  | 1  | siehe 1985-94A  |        |        |         |       | 10 000 Jahre  |
| Kosmos-1695            | UdSSR  | 9. 10. 85  | 1985-94E  | 1  | siehe 1985-94A  |        |        |         |       | 10 000 Jahre  |
| Kosmos-1696            | UdSSR  | 16. 10. 85 | 1985-95A  | 6  | siehe 1985-94A  |        |        |         |       | 10 000 Jahre  |
| China-17               | VRC    | 21. 10. 85 | 1985-96A  | 3  | 23. 10. 85      | 216    | 298    | 89,3    | 70,4  | 30. 10. 85    |
| Kosmos-1697            | UdSSR  | 22. 10. 85 | 1985-97A  | 3  | +               | 171    | 386    | 90,08   | 62,98 | 7. 11. 85     |
| Kosmos-1698            | UdSSR  | 22. 10. 85 | 1985-98A  | 3  | +               | 852    | 880    | 102     | 71    | 300 Jahre     |
| Molnija 1 (Nr. 05)     | UdSSR  | 23. 10. 85 | 1985-98A  | 3  | +               | 613    | 39 342 | 709     | 62,8  | 100 Jahre     |
| Metecor 3 (Nr. 1)      | UdSSR  | 24. 10. 85 | 1985-99A  | 4  | +               | 658    | 38 845 | 700     | 63    | 14 Jahre      |
| Kosmos-1699            | UdSSR  | 24. 10. 85 | 1985-100A | 1  | +               | 1 235  | 110,3  | 82,5    | 82,5  | 1500 Jahre    |
| Kosmos-1700 („Lutsch“) | UdSSR  | 25. 10. 85 | 1985-101A | 1  | +               | 177    | 364    | 89,6    | 67,3  | 23. 12. 85    |
| Molnija 1 (Nr. 06)     | UdSSR  | 25. 10. 85 | 1985-102A | 5  | +               | 35 760 | 35 760 | 1431    | 1,4   | Mill. Jahre   |
| STS-01 A               | USA    | 28. 10. 85 | 1985-103A | 6  | +               | 480    | 39 145 | 702     | 62,8  | 17 Jahre      |
| (Challenger F9)        |        |            |           |    |                 |        |        |         |       |               |
| GLOMR                  | USA    | 30. 10. 85 | 1985-104A | —  | 31. 10. 85      | 322    | 333    | 91,04   | 50,09 | 6. 11. 85     |
| Kosmos-1701            | UdSSR  | 30. 10. 85 | 1985-104B | 1  | 31. 10. 85      | 318    | 333    | 91,01   | 56,98 | 26. 12. 1986  |
| Kosmos-1702            | UdSSR  | 9. 11. 85  | 1985-105A | 3  | +               | 613    | 39 342 | 709     | 62,8  | 100 Jahre     |
| Radiuga-17             | UdSSR  | 13. 11. 85 | 1985-106A | 7  | +               | 207    | 390    | 90,2    | 72,8  | 27. 11. 85    |
| Kosmos-1703            | UdSSR  | 15. 11. 85 | 1985-107A | 5  | +               | 36 055 | 36 055 | 1481    | 1,3   | Mill. Jahre   |
| STS-01 B               | USA    | 22. 11. 85 | 1985-108A | 1  | +               | 647    | 678    | 97,8    | 82,5  | 60 Jahre      |
| (Atlantis F2)          |        |            |           |    |                 |        |        |         |       |               |
| Morelos-2              | Mex.   | 27. 11. 85 | 1985-109A | 3  | 27. 11. 85      | 357    | 366    | 91,59   | 28,46 | 3. 12. 85     |
| Ausalt-2               | Austr. | 27. 11. 85 | 1985-109B | 1  | 27. 11. 85      | 35 774 | 35 802 | 1436,08 | 2,95  | Mill. Jahre   |
| RCA Satcom Ku-2        | USA    | 27. 11. 85 | 1985-109C | 1  | 17. 12. 85      | 35 777 | 35 804 | 1436,2  | 0,01  | Mill. Jahre   |
| OEX Target             | USA    | 27. 11. 85 | 1985-109D | 1  | 20. 12. 85      | 35 774 | 35 801 | 1436,02 | 0,05  | Mill. Jahre   |
| Kosmos-1704            | UdSSR  | 28. 11. 85 | 1985-109E | 1  | 30. 11. 85      | 368    | 382    | 91,86   | 28,47 | 1,5 Jahre     |
| Kosmos-1705            | UdSSR  | 3. 12. 85  | 1985-110A | 14 | +               | 986    | 1 023  | 105     | 82,9  | 1 200 Jahre   |
| Kosmos-1706            | UdSSR  | 11. 12. 85 | 1985-112A | 1  | +               | 208    | 387    | 90,1    | 72,8  | 17. 12. 85    |
| Kosmos-1707            | UdSSR  | 12. 12. 85 | 1985-113A | 1  | +               | 177,9  | 359,8  | 89,6    | 67,9  | 9. 2. 86      |
| ITV-1 (USA-13)         | USA    | 13. 12. 85 | 1985-114A | 3  | 14. 12. 85      | 650    | 678    | 97,8    | 82,5  | 60 Jahre      |
| ITV-2 (USA-14)         | USA    | 13. 12. 85 | 1985-114B | 3  | 14. 12. 85      | 319    | 768    | 95,37   | 37,65 | 10 Jahre      |
| Kosmos-1708            | UdSSR  | 13. 12. 85 | 1985-115A | 8  | +               | 315    | 772    | 95,37   | 37,65 | 10 Jahre      |
| Kosmos-1709            | UdSSR  | 10. 12. 85 | 1985-116A | 1  | +               | 106    | 313    | 89,2    | 82,3  | 27. 12. 85    |
| Molnija 3 (Nr. 27)     | UdSSR  | 24. 12. 85 | 1985-117A | 8  | +               | 982    | 1 026  | 104,9   | 82,65 | 1 200 Jahre   |
| Kosmos-1710            | UdSSR  | 24. 12. 85 | 1985-118A | 8  | +               | 477    | 40 703 | 736     | 62,8  | 100 Jahre     |
| Kosmos-1711            | UdSSR  | 24. 12. 85 | 1985-118B | 8  | +               | 19 160 | 19 160 | 677     | 65    | 1 Mill. Jahre |
| Kosmos-1712            | UdSSR  | 24. 12. 85 | 1985-119A | 3  | siehe 1985-118A |        |        |         |       | 1 Mill. Jahre |
| Metecor 2 (Nr. 13)     | UdSSR  | 20. 12. 85 | 1985-120A | 1  | +               | 952    | 975    | 104     | 82,5  | 1 200 Jahre   |
| Kosmos-1713            | UdSSR  | 27. 12. 85 | 1985-120A | 3  | +               | 224    | 419    | 90,7    | 62,8  | 22. 1. 86     |
| Kosmos-1714            | UdSSR  | 28. 12. 85 | 1985-121A | 6  | +               | 180    | 863    | 91,8    | 71    | 27. 2. 86     |





11

2

10



12



00000

803-027  
803-027

1 000 1 28 40  
2 000 1 28 56

803-027 3 000 1 28 80  
803-027 4 000 1 28 11

1

5

6

7

8

9

3

4

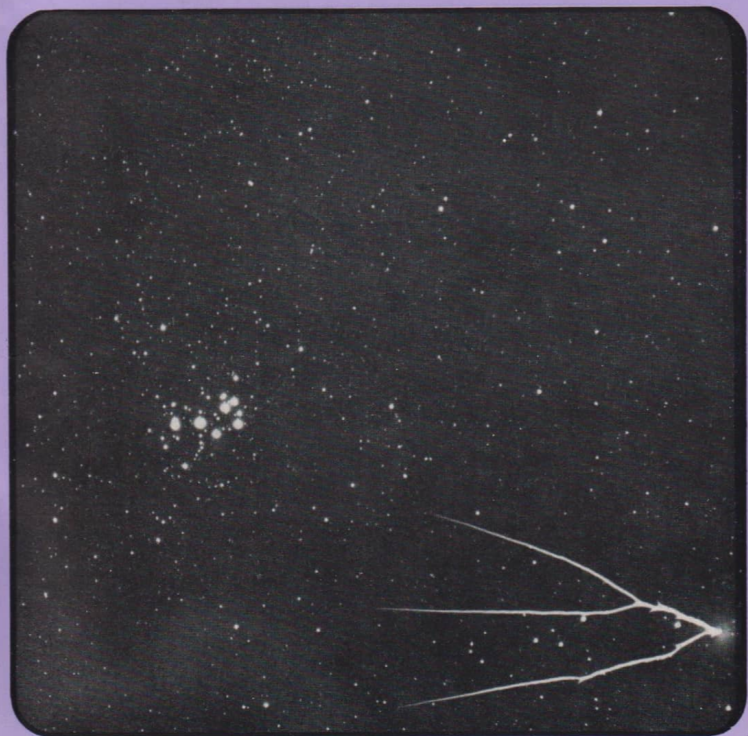
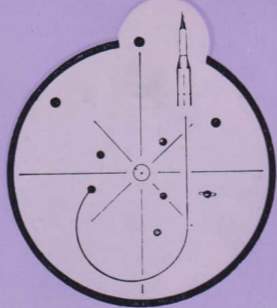


# Astronomie UND Raumfahrt

ISSN 0587-565 X

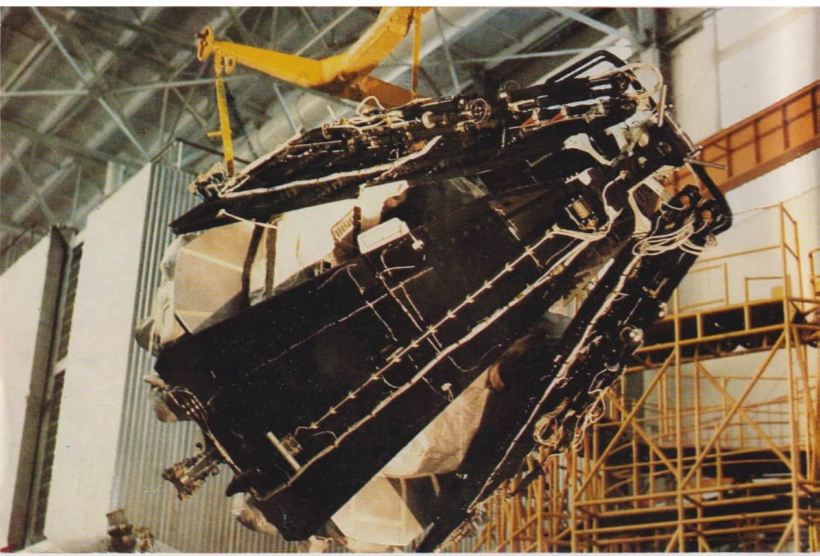
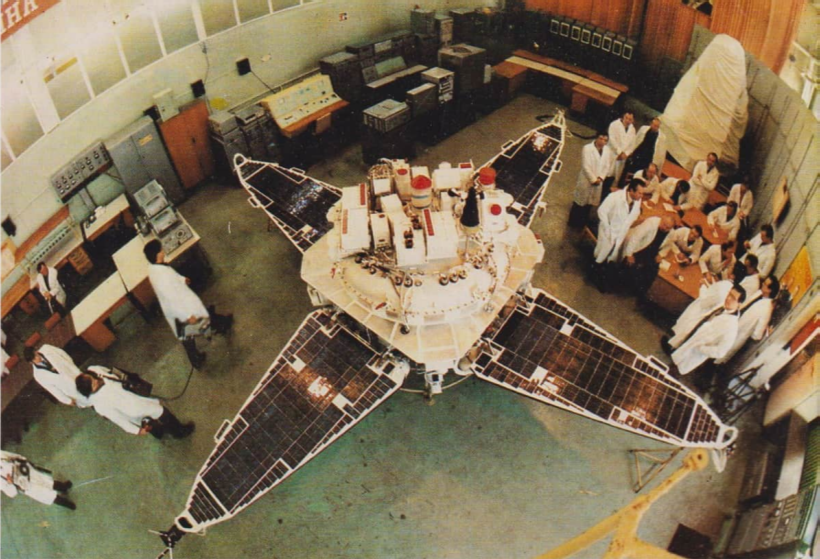
EVP 1,50

1987 **3**



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





# Astronomie und Raumfahrt

## Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

## Redaktion:

**Chefredakteur:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx; – **Verantwortl. Redakteur:**  
OL Heinz Albert  
**Astronomie:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx, Dipl.-Phys. W. Häupl;  
– **Raumfahrt:** Prof. Dr. sc. D.  
Möhlmann, Uwe Schmalzing;  
– **Philosophie/Geschichte:** Dr. J.  
Hamel; – **Amateure:** Ing. A. Grün-  
berg, Dipl.-Phys. J. Rendtel,  
STR A. Zenkert, B. Zill; –  
**Aus der Lit.:** J. Gasiecki; – **Re-  
zensionen:** Dipl.-Phys. M. Woche;  
**Red.-Sekr.:** Ing. W. Pohl  
**Zeichn.:** M. Schreiter

## Redaktionsitz:

9630 Crimmitschau,  
Straße der Jugend 8,  
Fernsprecher 3800

## Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Hefen.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, Straße der Pariser  
Kommune 3–4, Berlin 1004.  
Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presseamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDR. Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

## Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

Manuskripte sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionsitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

Der Nachdruck der in Astrono-  
mie und Raumfahrt veröffent-  
lichten Beiträge ist nur mit Zu-  
stimmung der Redaktion ge-  
stattet.

## Satz und Druck:

IV/20/14 Fachbuchdruck Nbg.

# INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 3

|   |        |
|---|--------|
| H. Tiersch, D. Stoll: Wie entstehen die langen Staubschweife der Kometen? . . . . .   | 66     |
| F. Börngen: Planetoid Mally (1179) wieder aufgefunden (m. Nachtrag). . . . .  | 69     |
| Kometenentdeckungen 1985 (J. Hamel) . . . . .   | 71     |
| Komet Sorells (1986n) ● Die 15 aktuellen Kometen (K. Kirsch). . . . .   | 71     |
| Definitive Sonnenfleckenzahlen 1986 ● Vorläufige Sonnenfleckenzahlen Januar/Februar 1987 (A. Koeckelenbergh) . . . . .                              | 72     |
| J. Classen, J. Hamel: Komet Halley historisch . . . . .   | 73     |
| R. Ziener: Differentielle Refraktion contra Großfeldhimmelsaufnahmen . . . . .  | 74     |
| J. Büchner, L. M. Seljanyi: Interbol erforscht die Magnetosphäre . . . . .  | 77     |
| H.-D. Naumann: Fünf Jahre KOSPAS-SARSAT . . . . .   | 80     |
| D. Fischer: Beobachtungen optischer Blitze am Himmel – das Äquivalent kosmischer Gammastrahlen-Ausbrüche? . . . . .                                 | 82     |
| J. Flohrer: Einige Ergänzungen zu „Quellen kosmischer Gammastrahlungsausbrüche...“ in Heft 2/1986 . . . . .   | 84     |
| Verfahren des Sammelns von Beobachtungsergebnissen . . . . .  | 85     |
| Korrektur zum Sternkalender 1987 (P. Ahnert) . . . . .  | 85     |
| UH Leonhardt: Interpolation (Reihe „Für den rechnenden Sternfreund“) . . . . .  | 86     |
| K. Guld: Sternwartenbau ohne Kuppel . . . . .   | 88     |
| Dirk Gläser: Astrotimer . . . . .   | 90     |
| A. Zenkert: Die Arbeit mit dem Librations-Nomogramm . . . . .   | 92     |
| <b>Kurzberichte:</b> 60 Jahre Planetarien aus Jena ● 8. Tag der Raumfahrt ● Geozentrische Planetenkoordinaten Merkur, Venus (Juni-August) . . . . . | 93     |
| Aktivitäten der Sektion Halobebachtungen ● Leserbrief . . . . .   | 94     |
| Typenblatt: Sojus 32-40 (J. Oehler, D. Röttler) . . . . .   | 95     |
| Annotation ● Berichtigung zu Heft 1/87 . . . . .  | 91     |
| Anzeigen . . . . .  | 72, 94 |
| Vorschau auf Heft 4/87 ● Unsere Autoren . . . . .   | 94     |

Redaktionsschluß: 20. März 1987

Auslieferung durch den PZV: 29. Juni 1987

## Bildseiten

**Titelbild:** Plejaden am 29.11.1986 von 20.25 bis 20.31 MEZ mit Sonnar 1:2,8/180 mm auf NP 27, in R 09 (1+40) entwickelt. Interessant ist die Verästelung der Spur in der rechten unteren Bildecke. Möglicherweise handelt es sich um ein in der Atmosphäre verglühendes Meteor.

2. Umschlag-S.: Der Satellit „Interbol“. Lesen Sie dazu unseren Beitrag ab Seite 77. (Foto: IKI Moskau)

4. Umschlag-S.: Nahe Begegnung der zunehmenden Mondsichel ( $k = 0,12$ ;  $A = 3,2$  d) mit dem Jupiter am 1. 2. 1987 im Fokus des 50/540 mm-Refraktors. 20 s auf NP 27 belichtet und in A 49 (1+2) entwickelt.

Eine solche Begegnung mit nur ca. 0,8 Abstand findet nicht häufig statt, wenn das Wetter überhaupt eine Beobachtung zuläßt. Besonders reizvoll sind auch das aschgraue Licht und die Jupiter-Satelliten. (Fotos der 1. u. 4. Umschl.-S.: Hans Wirth, Karpatenstr. 21, Dresden, 8054)

# Wie entstehen die langen Staubschweife der Kometen?

H. TIERSCH, D. STOLL

Zu den beeindruckendsten Erscheinungen am nächtlichen Himmel gehören wohl die Kometen mit ihren langgestreckten Schweifen. Diese Kometenschweife können beträchtliche Ausmaße annehmen. So erstreckte sich z. B. im Jahre 1910 der Schweif des Kometen Halley über 150° und nahm damit mehr als drei Viertel des nächtlichen Himmels ein. Die lineare Ausdehnung eines Kometenschweifes hängt natürlich von der Beschaffenheit des Kometen und seiner Periheldistanz ab. Längen von mehreren Millionen Kilometern sind aber keine Seltenheit.

Wie kommt dieses Phänomen zustande?

Will man den physikalischen Ursachen auf den Grund gehen, müssen vorerst die Schweife genauer betrachtet werden. Entsprechend der Form unterscheidet man zwei Schweifarten bei einem Kometen: einen langen, geraden und einen etwas kürzeren und stärker gekrümmten Schweif. Diese beiden Schweiftypen weichen auch in ihren physikalisch-chemischen Parametern voneinander ab. Der lange, gerade Schweif besteht aus Ionen, der andere aus Staubteilchen.

Über die physikalische Ursache der Entstehung der Ionenschweife ist man sich prinzipiell im klaren. Die Ionen und Elektronen des Sonnenwindes, die sich im Mittel mit etwa 400 km/s auf den Kometen zu bewegen, reißen das Plasma der Kometenkoma mit sich und bilden so den Ionenschweif. Schwieriger sind die Verhältnisse beim Staubschweif. Es gibt noch recht konträre Meinungen darüber, welches die Kräfte sind, die die Staubteilchen aus der Kometenkoma in die Tiefen des Raumes tragen. Ob der von den Sonnenphotonen ausgeübte Strahlungsdruck dominiert oder elektrische Mitführungskräfte des Sonnenwindes verantwortlich zeichnen, stand schon bei der Annäherung des Kometen Halley im Jahre 1910 zur Diskussion [1]. Völlig gelöst ist diese Fragestellung bis heute nicht. Weshalb die Klärung dieses Problems so schwierig ist, soll im folgenden erläutert werden.

## Kräfte auf Staubpartikeln

Die Kräfte, die auf Staubpartikeln in der Kometenkoma sowie im Schweif wirken, kann man in zwei große Gruppen unterteilen. Dies sind zum einen dissipative Kräfte, d. h. Kräfte, die die Größe und Beschaffenheit des Teilchens beeinflussen (z. B. Teilchenkollisionen oder Ver-

dampfungseffekte durch Ionenaufschlag) und zum anderen dynamische Kräfte, die die Parameter der Umlaufbahnen der Teilchen verändern können. Letztere, die ja für die Ausbildung des Staubschweifes verantwortlich zeichnen, sollen im folgenden näher betrachtet werden.

## Der Strahlungsdruck

Aus der Theorie von Maxwell folgt, daß Photonen einen Druck  $p$  auszuüben vermögen. Dieser Druck ist der Zahl der pro Empfängerfläche und Zeit eintreffenden Photonen  $N$  sowie ihrer Energie  $h \cdot \nu$  und damit der Intensität der

Strahlung  $I$  proportional:  $p = \frac{N \cdot h \cdot \nu}{c} = \frac{I}{c}$  ( $c$  -

Lichtgeschwindigkeit). Einfluß auf die auf ein Staubteilchen ausgeübte Kraft haben außerdem dessen Querschnitt  $\pi \cdot a_s^2$  (d. h. die „Empfängerfläche“, wobei  $a_s$  der Radius des Staubteilchens ist) sowie bestimmte, in dem Parameter  $Q$  erfaßte Materialeigenschaften des Teilchens. Diese dimensionslose Größe  $Q$  gibt die Effektivität an, mit der die Photonen auf das Teilchen einzuwirken vermögen. Die Kraft läßt sich

somit wie folgt berechnen:  $F_{St} = \frac{I_s}{c} \cdot \pi \cdot a_s^2 \cdot Q$ .

Die Intensität ist eine für die Erde bekannte ( $I_E$ ) und in der Entfernung Sonne-Staubteilchen ( $R_s$ ) berechenbare Größe  $I_s$ , da sie mit wachsender Entfernung von der Sonne quadratisch

abnimmt:  $I_s = \frac{I_E \cdot R_E^2}{R_s^2}$ . Daraus folgt die ge-

suchte Kraft  $F_{St} = \frac{I_E \cdot R_E^2}{c \cdot R_s^2} \cdot \pi \cdot a_s^2 \cdot Q$ .

Diese durch die Strahlung ausgeübte und somit von der Sonne weg gerichtete Kraft hat nun eine große Gegenspielerin, nämlich die zur Sonne hin

gerichtete Gravitationskraft  $F_{Gr} = G \frac{M_\odot \cdot m_s}{R_s^2}$

( $M_\odot$  - Masse der Sonne,  $m_s$  - Masse der Staubpartikel,  $G$  - Gravitationskonstante), mit  $m_s = 4/3 \pi \cdot a_s^3 \cdot \rho_s$  ( $\rho_s$  - Dichte der Staubpartikel). Entscheidend für das Zustandekommen eines Staubschweifes ist, wie groß die durch die Strahlung ausgeübte Kraft im Vergleich zur Gravitationskraft ist. Dieses Verhältnis wird durch

$\beta = \frac{F_{St}}{F_{Gr}}$  ausgedrückt. Es ergibt sich für  $\beta = \text{const.} \cdot \frac{Q}{\rho_s \cdot a_s}$ . Die Größe hängt also allein von

den Teilcheneigenschaften (wie Größe, Gestalt, chemische Zusammensetzung, dielektrische Eigenschaften usw.) ab, vom Abstand zur Sonne bleibt sie jedoch unbeeinflusst. Es liegen Abschätzungen für  $\beta$  als Funktion des Teilchenradius  $a_s$  vor (Abb. 1). Diese machen deutlich, daß das



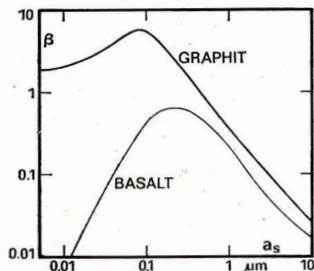


Abb. 1: Die Kurven wurden [2] entnommen.  $a_s$  bezeichnet den Teilchenradius.

Verhältnis von Strahlungs- zu Gravitationskraft sich für große Teilchen rapide verschlechtert [2], so daß es eigentlich unverständlich ist, wie Teilchen mit Radien  $> 1 \mu\text{m}$  überhaupt in den Schweif gelangen können. Daß es aber dort solche Teilchen geben muß, darüber ist man sich weitestgehend einig. Einmal deutet die rötliche Färbung des Staubschweifes darauf hin, zum anderen liegen erste Hinweise aus einem Satellitenexperiment vor. Die ICE-Sonde durchquerte im Jahre 1985 die Koma des Kometen Giacobini-Zinner und näherte sich dabei dem Kern bis auf 7900 km. Mit dem Radiowellendetektor konnten indirekte Informationen über die Staubpartikelgröße gewonnen werden. Danach gibt es Teilchen bis  $100 \mu\text{m}$ . Sollen diese bis in den Schweif gelangen, so ist es wahrscheinlich, daß noch andere Kräfte als der Strahlungsdruck eine Rolle spielen. Welche Kräfte überhaupt kennen wir noch, und welche kommen dafür in Frage?

#### Der Poynting-Robertson-Effekt

Ausgangspunkt ist wiederum der Lichtdruck, der hier aber auf eine bewegte Partikel wirkt. Ein Staubteilchen bewegt sich ja nicht nur in Richtung Schweif von der Sonne weg, sondern auch großräumig mit dem Kometen auf einer Umlaufbahn um die Sonne. Letztere Bewegung verursacht quasi einen „Aberrationseffekt“, d. h., eine Partikel sieht die Sonne „von schräg vorn“. Dies bewirkt eine Abbremsung des Teilchens, wodurch es in Richtung Sonne abgelenkt wird. Damit wirkt diese Kraft entgegen gesetzt zur Schweifrichtung, d. h. in Richtung Gravitationskraft. Wie hinderlich kann sie nun für die Ausbildung eines Staubschweifes sein? Am besten kann man diesen Effekt abschätzen, wenn man die Zeit berechnet, die diese Kraft

benötigt, um ein Staubteilchen aus einer Umlaufbahn zum Sturz auf die Sonne zu bringen [3]. Es gilt für die Einsturzzeit  $t_{\text{PR}} \approx 10^3 \cdot (R_s/AE)^2 \times (Q/g \cdot \text{cm}^{-3}) \cdot (a_s/\mu\text{m}) \cdot Q^{-1}$  Jahre.

Für Teilchen in der Nähe der Erdbahn und für  $a_s \approx 1 \mu\text{m}$  liegt die Einsturzzeit ( $Q$  liegt nahe 1) bei etlichen tausend Jahren. Das bedeutet, dieser Effekt ist in der Kräftebalance bei Kometen vernachlässigbar.

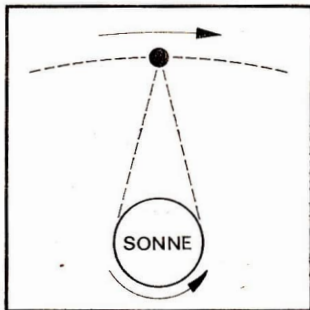
#### Der differentielle Dopplereffekt

Seine Wirkungsweise sei an einem konkreten Beispiel dargestellt. Der Komet Halley bewegt sich auf seiner Bahn um die Sonne rückläufig, während letztere rechtläufig rotiert (Abb. 2). Durch die Rotation der Sonne bedingt haben die Photonen, die von der sich auf das Teilchen zubewegenden Sonnenseite stammen, einen höheren Impuls als jene von der Gegenseite. Dies hat ebenfalls eine Abbremsung der Staubteilchen zur Folge und wirkt in die gleiche Richtung wie der Poynting-Robertson-Effekt. Für sich rechtläufig um die Sonne bewegend Kometen wirkt der Effekt umgekehrt, d. h. den Strahlungsdruck verstärkend. Genaue Berechnungen [2] zeigen aber, daß dieser differentielle Dopplereffekt um Größenordnungen kleiner ist als der Poynting-Robertson-Effekt und damit weder in der einen noch in der anderen Richtung etwas bewirken kann.

#### Der Yarkovsky-Effekt

Ein fiktiver Beobachter auf einem retrograd zu seiner Umlaufbahn rotierenden Staubteilchen hat, analog zur Erde, „Tag“ und „Nacht“

Abb. 2: Rechtläufige Sonnenrotation und rückläufige Bahnbewegung des Kometen Halley.





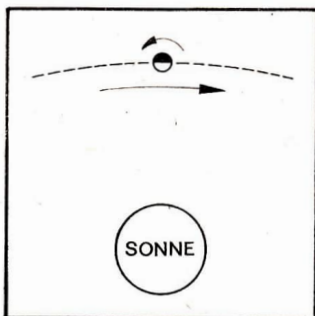


Abb. 3: Rückläufig seiner Umlaufbahn rotieren des Teilchen.

mit den entsprechenden Temperaturunterschieden (Abb. 3). „Tagsüber“ wird das Teilchen von der Sonne aufgeheizt, „nachts“ strahlt es die gespeicherte Energie wieder in den Weltraum ab. So gibt es, wie man sich leicht überlegen kann, eine niedrige „Morgentemperatur“ und eine hohe „Abendtemperatur“. Das bedeutet, ein am „Morgen“ abgestrahltes Photon hat einen niedrigeren Impuls als ein am „Abend“ abgestrahltes Lichtquant. Für ein entgegengesetzt zu seiner Umlaufbahn rotierendes Teilchen bedeutet dies, daß es abgebremst wird und in Richtung Sonne driftet. Rechnungen haben gezeigt [2], daß dieser Effekt für kleine Teilchen im  $\mu$ m-Bereich, und gerade diese sind aber hier von Interesse, bedeutungslos ist. \*)

### Der Druck des Sonnenwindes

Alle durch Strahlung hervorgerufenen Kräfte konnten das eingangs erwähnte Dilemma nicht beheben, d.h., sie können nur schwer erklären, wie größere Staubpartikeln in den Kometenschweif transportiert werden. Aber die Sonne emittiert ja nicht nur Photonen, sondern auch Elektronen und Protonen, den sogenannten Sonnenwind. Eine direkte Kollision dieser Teilchen mit Staubpartikeln treibt letztere ja in die gewünschte Richtung von der Sonne weg. Die durch den Sonnenwind ausgeübte Kraft  $F_{sw}$  ist durch die Protonenzahl-dichte  $n_p$ , die Masse  $m_p$  und die Geschwindigkeit  $v_p$  der Protonen sowie den Radius der Staubpartikeln bestimmt:  $F_{sw} = \pi \cdot a_s^2 \cdot m_p \cdot n_p \cdot v_p^2$ . Die Elektronen werden im folgenden auf Grund ihrer geringen Masse vernachlässigt. Setzt man  $F_{sw}$  wieder in Rela-

Iwan Ospowitsch Jarkowski, geboren 1844 in Osweja, Gebiet Witebsk, entstammt einer Arztfamilie und arbeitete die meiste Zeit seines Lebens als Staatsbeamter in Eisenbahndepots, beim Schiffs- und Gerätebau in verschiedenen russischen Städten. Er besuchte eine kirchliche Schule, das Kadettenkorps und nach mehrjährigem Militärdienst das Petersburger Technologische Institut, das er vorzeitig mit überragenden Leistungen beendete. Kurz darauf verteidigte er seine Dissertation zu Fragen der Wasserversorgung. In seiner Freizeit widmete er sich wissenschaftlichen und technischen Problemen. U. a. entwarf er Pläne für eine „Rotationsmaschine mit Aufzugsschraube“ und schlug ein Prinzip zur Nutzung von Meereswellenenergie vor. Er erkannte die Möglichkeit von Strukturveränderungen der Materie durch Strahlung, hierbei auch den jetzt nach ihm benannten Effekt. Mit seinen Ideen zur Natur der Gravitation und den zwei Formen der Materie („wägbar“ und „unwägbar“) war er seiner Epoche voraus. Er verstarb 1902 bei einem Aufenthalt in Heidelberg.

tion zur Gravitationskraft  $F_{Gr}$ , so ergibt sich  $F_{sw}/F_{Gr} = \text{const} \cdot \frac{R_s^2 \cdot n_p \cdot v_p^2}{\rho_s \cdot a_s}$  mit  $\text{const} = 9,45 \cdot 10^{-48} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3}$ . Für  $R_s = 1 \text{ AE}$ ,  $v_p = 400 \text{ km/s}$ ,  $n_p = 5 \text{ Teilchen pro cm}^3$ ,  $a_s = 1 \mu\text{m}$  und  $\rho_s = 1 \text{ g/cm}^3$  folgt  $F_{sw}/F_{Gr} \approx 10^{-4}$ . Das bedeutet, der durch die Korpustularstrahlung ausgeübte Druck ist vernachlässigbar, er liegt 3..4 Größenordnungen unter der Gravitationskraft. Selbst starke Sonnenflares vermögen das Verhältnis lediglich auf  $10^{-2}$  anzuheben.

### Der Pseudo-Poynting-Robertson-Effekt

Analog zu dem durch Lichtquanten bewirkten Effekt üben auch Protonen eine Bremswirkung auf bewegte Staubpartikeln aus. Legt man die durchschnittlichen, im vorigen Abschnitt gegebenen Daten des Sonnenwindes zu Grunde, beläuft sich der Pseudo-Poynting-Robertson-Effekt auf etwa 20 % des klassischen Effektes [2] und ist demzufolge vernachlässigbar.

### Die Lorentz-Kraft

Elektromagnetische Kräfte kommen zum Tragen, sobald Staubpartikeln eine elektrische Ladung aufweisen. Können Staubteilchen in einem Kometen aber prinzipiell aufgeladen werden?

Wir kennen mehrere Prozesse, die dies bewirken. Im dichten Komaplasma gibt es freie Elektronen und Protonen. Treffen diese auf ein Staubteilchen, so lagern sie sich an und bewirken so eine Aufladung der Partikeln. Im thermodynamischen

Gleichgewicht haben aber Elektronen auf Grund ihrer geringeren Masse eine viel höhere Geschwindigkeit als die Protonen, so daß ein Zusammentreffen Partikel-Elektron sehr viel häufiger ist als das von Partikel-Proton. Im Endergebnis werden die Staubteilchen durch diesen Prozeß negativ aufgeladen. Daß die negative Aufladung nicht beliebig groß werden kann, bewirken in Richtung positiver Aufladung gerichtete Effekte wie z. B. Sekundärelektronenemission und Photoemission.

Die Lorentz-Kraft beschreibt, wie stark ein elektrisch geladener bewegter Körper in einem Magnetfeld beschleunigt wird. Die Stärke dieser Kraft hängt, bezogen auf die Verhältnisse im Kometen, von der Magnetfeldstärke am Ort des Teilchens und seiner Ladung ab. Da die Beschleunigung der Staubpartikel in diesem Falle aber senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kometenplasmas wirkt, bedeutet dies, daß die Lorentz-Kraft den Staubschweif lediglich verbreitert, so daß sie hier nicht weiter betrachtet werden soll.

#### Die Coulomb-Kraft

Die Coulomb-Kraft kommt ebenfalls zur Wirkung, sobald man es mit elektrisch aufgeladenen Staubpartikeln zu tun hat. In welcher Form wirkt diese? Die eine elektrische Ladung tragenden Staubteilchen befinden sich im dichten Plasma der Kometenkoma. Das Plasma der Koma wird nun durch den Sonnenwind in Richtung Schweif gedrückt. Dabei führt das so bewegte Plasma die elektrisch geladenen Staubteilchen einfach mit sich.

Der exakte Wert der Mitführungskraft auf eine geladene Staubpartikel im bewegten Plasma wurde von Spitzer [4] abgeleitet und von Notni [5] präzisiert. Die wesentliche Kenngröße ist darin die elektrische Aufladung der Staubpartikel. Wünschenswert ist natürlich eine möglichst große Aufladung. Welche Werte nun wirklich erreicht werden, hängt von den Materialeigenschaften der Staubteilchen sowie der Plasmadichte und der Temperatur in der Koma ab. Je nach den zugrunde gelegten Parametern schwanken die Aufladungen zwischen  $-1\text{ V}$  und  $-100\text{ V}$ .

Ob diese Rechnungen der Realität entsprechen wird erst nach einer gründlichen Auswertung aller Meßdaten der Halley-Missionen und darauf fußender Präzisierungen der Staub- und Kometenmodelle überprüft werden können. Aber eines wird schon heute mit hoher Wahrscheinlichkeit vorausgesagt: Elektrische Kräfte liefern zur Beschleunigung der größeren Staubteilchen einen wesentlichen Beitrag.

Damit kann die schon 1910 diskutierte Frage, ob der Strahlungsdruck oder elektrische Kräfte die dominierende Rolle beim Transport der Staubteilchen in den Kometenschweif spielen, dahingehend beantwortet werden, daß höchstwahrscheinlich nicht die eine oder die andere Kraft allein entscheidend ist, sondern daß in Abhängigkeit von den Staubteilchenparametern sowohl der Strahlungsdruck als auch elektrische Kräfte zum Tragen kommen.

Lit.: [1] Palisa, J.: *Sirius* 43 (1910) 4, S. 73. – [2] Burns, J. A. u. a.: *Icarus* 40 (1979), S. 1. – [3] Mignard, F.: *Icarus* 49 (1982), S. 347. – [4] Spitzer, L. jr.: *Physics of fully ionized gases*. New York 1956. – [5] Notni, P.: *Veröffentl. d. Sternwarte Babelsberg* XV (1964) 1, S. 33.

\*) Der Y.-Effekt wurde zweimal unabhängig voneinander wiederentdeckt: von Radzievskii (1952) und von Peterson (1966).

## Planetoid (1179) Mally wieder aufgefunden

FREIMUT BÖRNGEN

Im Dezember 1986 wurde durch ein Mitteilungsblatt der ESO (PR 10/86) bekannt, daß der Kleinplanet (1179) Mally, der seit 55 Jahren als verschollen galt, von L. D. Schmadel und R. M. West wieder aufgefunden werden konnte. Diese Mitteilung wird zum Anlaß genommen, einige Bemerkungen über verlorengegangene Planetoiden und speziell zur Wiederentdeckung von Mally zu machen.

Ab 1967 werden in den Leningrader Efemeridy Malykh Planet (EMP) verloren gegangene Planetoiden gezielt mit einem L (=lost) vor der Objektbezeichnung gekennzeichnet. Es handelt sich dabei um Kleinplaneten, die definitiv numeriert sind und eigentlich als gesichert gelten. Da sie aber trotz intensiven Bemühens seitens zahlreicher Sternwarten seit längerer Zeit nicht mehr auffindbar sind, sieht sich die IAU gezwungen, sie offiziell als verschollen einzustufen. Mitte der 70er Jahre erreichte die Anzahl der L-Objekte mit 25 ihr Maximum.

Gerade in den vergangenen zehn Jahren wurden weltweit große Anstrengungen unternommen, die Zahl der verlorenen Planetoiden zu verringern. Sie werden in den EMP ab 1980 erstmalig in gesonderten Listen aufgeführt. Diese Verschollenliste enthielt 1980 zwanzig Objekte. Dies reduzierte sich relativ rasch 1982 auf zehn, 1983 auf sieben und 1984 auf sechs Objekte. Die starke

Abnahme ist vor allem auf den Einsatz großer Computer zurückzuführen. Da alle durchgeführten Bahnrechnungen, alle definitiven und vermuteten Identitäten sowie alle bisher gemachten Einzelbeobachtungen von Planetoiden (mehr als 400 000) auf Magnetband gespeichert sind, ist es heute ohne Schwierigkeit und binnen kürzester Zeit möglich, das gesamte Material auf weitere, zufällig gemachte andere Beobachtungen abzufragen. Gerade bei den „verlorenen“ Objekten erfordert es aber besonderes kriminalistisches Geschick, die richtigen Kombinationen zu finden und die Zugehörigkeit vermuteter Identitäten zu bestätigen bzw. auszuschließen. Bei den sechs, seit 1984 auf der Verlustliste stehenden verbliebenen Kleinplaneten handelt es sich sämtlich um Objekte, die nur in einer einzigen Opposition, und zwar vor 1932, beobachtet wurden. Dies hat zur Folge, daß ihre Bahnelemente relativ ungenau sind. Leider blieben sie nach ihrer Entdeckung längere Zeit unbeobachtet. Ihr Auffinden wird aber verständlicherweise immer schwieriger, je weiter man sich vom ersten Beobachtungsdatum entfernt. Dieses liegt bei den genannten sechs Planetoiden in den Jahren 1901, 1911 (2×), 1916, 1923 und 1931. Ephemeridenrechnungen bis in die allerjüngste Zeit führen wegen der ungenauen Kenntnis der Bahnen praktisch zu keinem Erfolg. Das Gebiet, in dem sich die Objekte tatsächlich aufhalten, läßt sich nicht mehr genau angeben. Unso erfreulicher ist es, daß es jetzt nach vielseitigen, sich über mehrere Jahre erstreckenden Bemühungen gelungen ist, das jüngste der sechs Objekte, (1179) Mally, eindeutig wieder in den Griff zu bekommen. Seine Numerierung erfolgte auf Grund von Beobachtungen zwischen 1931 März 19 und Mai 13 in Heidelberg. Seit dieser Zeit konnte das Objekt nicht wieder beobachtet werden. Ausgangspunkt der Lösung des Problems der Wiederauffindung war die Neuvermessung der alten Heidelberger Platten von 1931 und die Rechnung einer neuen, genaueren Bahn. Da es auch unter Heranziehung der erwähnten sehr großen Zahl aller bisher gemachter Planetoidenbeobachtungen nicht gelang, irgend eine Identifizierung herzustellen, wurde entschieden, gezielt neue Platten von dem Gebiet aufzunehmen, in dem nach den neusten Rechnungen Mally zu erwarten war. Diese wurden von H.-E. Schuster im März 1986 mit dem ESO Schmidt in La Silla (Chile) erhalten. Ausgedehnte Rechnungen zeigten dann, daß eines der zahlreichen Planetoiden auf diesen Platten Mally sein könnte. Es wurde eine weitere Bahn, basierend auf den Positionen von 1931 und den angenommenen Örtern von 1986, gerechnet. Das erneute Abfragen des Fundus aller Planeten-

beobachtungen auf andere vorhandene, zu dieser Bahn passende Bilder hatte großen Erfolg. Es zeigte sich, daß drei in La Silla im Dezember 1979 und zwei mit dem Palomar Schmidt 1952 gewonnene Planetenörter, schließlich auch eine mit dem Schmidt in Siding Spring (Australien) 1983 erhaltene Beobachtung exakt zusammenpaßten. Damit war eindeutig erwiesen, daß Mally wiedergefunden war. Von ihr liegen nunmehr Beobachtungen aus fünf Oppositionen, über 56 Jahre verteilt, vor.

Um das Verlorengehen von numerierten Kleinplaneten zu verhindern, wird seit längerer Zeit in den EMP alljährlich eine kritische Liste veröffentlicht. In dieser werden alle Planeten, die in den letzten 10 Jahren, vom Druck des entsprechenden EMP-Bandes an gerechnet, nicht mehr registriert wurden, aufgeführt. Die Liste enthält zusätzlich alle die Planeten, die bisher in weniger als vier Oppositionen beobachtet worden sind. Im EMP für 1987, es enthält 3330 numerierte Planetoiden, gehören 32 Objekte zur ersten Kategorie. Dabei sind sieben Objekte, die zusätzlich in weniger als drei Oppositionen beobachtet wurden und als besonders gefährdet bzw. bereits verloren gelten, mit enthalten. Zur zweiten Kategorie gehören 130 Objekte. Die Beobachtung dieser kritischen Planetoiden wird allen Sternwarten ausdrücklich empfohlen.

Nach der Wiederentdeckung von Mally gibt es nur noch fünf als „verloren“ eingestufte Planetoiden: (473) Noll, (719) Albert, (724) Hapag, (878) Mildred und (1026) Ingrid. Ihr Auffinden wird sicher weiter intensiv betrieben, dürfte aber auf immer größere Schwierigkeiten stoßen.

**Nachtrag:** Wenige Wochen nach Abschluß dieses Beitrages hat es, offenbar angeregt durch die Wiederauffindung von (1179) Mally, einige weitere sehr erfreuliche Entwicklungen in Sachen verlorengegangene Planetoiden gegeben. Im IAU-Zirkular 4281 wurde mitgeteilt, daß S. Nakano, Mitarbeiter des Center for Astrophysics in Tokyo, (1026) Ingrid wiedergefunden hat. Das Objekt galt seit 1923 als verloren. Noch wichtiger ist aber, daß auch (473) Noll – von allen numerierten Planetoiden das am längsten als verschollen geltende Objekt, das nur 1901 beobachtet worden ist – von B. G. Marsden neu gefunden werden konnte (IAU-Zirkular 4292, 1987 Jan. 5). Seine große Halbachse – sie liegt zwischen  $a = 2.6 - 2.7$  AE – ist wesentlich kleiner, seine Helligkeit etwa 2 mag schwächer als bisher angenommen. Damit gibt es jetzt plötzlich nur noch drei verlorene Objekte von über 3500 numerierten.

## Kometenentdeckungen 1985

| Bezeichnung                      | Entdecker/Institut   | Tag      | Koordinaten<br>RA                               | 1950.0<br>Dekl. | Hellig-<br>keit m |
|----------------------------------|--|----------|---|-----------------|-------------------|
| 1985a P/Ashbrook-Jackson         | A. C. Gilmore, P. M. Kilmartin Mt. John Univ.-Obs.           | März 20  | 19 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> | -34° 23'        | 18                |
| 1985b P/Russel 1                 | J. Gibson, 1,5 m Refl., CCD, Mt. Palomar                     | Apr. 9   | 10 22   | -25 11          | 19,5              |
| 1985c P/Honda-Mrkos-Pajdušáková: | M. Clarc, A. Pearce, J. Athanasos, 0,4 m Refl. Austral.      | Apr. 18  | 0 12  | - 0 9           | 11                |
| 1985d P/Tsuchinshan 2            | J. Gibson, 1,6 m Refl. CCD, Mt Palomar                       | Apr. 10  | 4 04  | +22 55          | 22                |
| 1985e Macholz                    | Donald E. Macholz, 0,25 m-Ref., San Jose, Cal.               | Mai 27   | 0 49  | +15 08          | 9,5               |
| 1985f Hartley                    | Malcolm Hartley, 1,2 m-Schmidt, U. K. Schmidt Tel. Unit      | Jun. 13  | 11 45   | + 4 37          | 16                |
| 1985g P/Giclas                   | E. Everhart, 0,4 m Refl., Chamberlin Obs. Station bei Denver | Jun. 22  | 0 53  | - 0 37          | 20                |
| 1985h P/Whipple                  | J. Gibson, s. 1985d  | Jul. 10  | 21 57   | - 3 05          | 20                |
| 1985i P/Shajn-Schaldach          | T. Gehrels, 0,91 m-Ref. Kitt Peak                            | Jul. 25  | 20 06   | -13 41          | 19                |
| 1985j P/Daniel                   | J. Gibson, s. 1985d  | Jul. 27  | 6 13  | +24 53          | 20                |
| 1985k Maury                      | A. Maury, 1,2 m-Schmidt Mt. Palomar                          | Aug. 16  | 21 50   | - 1 31          | 16                |
| 1985l Hartley-Good               | M. Hartley, Good, 1,2 m-Schmidt, U. K. Schmidt Tel. Unit     | Sept. 11 | 1 12  | -27 30          | 12                |
| 1985m Thiele                     | U. Thiele (MPF), Calar Alto                                  | Okt. 9   | 5 55  | +21 14          | 13                |
| 1985n P/Boethin                  | A. C. Gilmore, P. M. Kilmartin 0,25 m-Astrograph, s. 1985a   | Okt. 11  | 19 00   | -28 55          | 15                |
| 1985o P/Kojima                   | T. Gehrels, J. V. Scotti, 0,91 m-Ref., Kitt Peak             | Okt. 19  | 7 52  | +20 08          | 20                |
| 1985p Cliffo                     | Jacqueline Cliffo, 0,9 m-Schmidt, Caussola                   | Nov. 8   | 4 33  | +23 25          | 10                |
| 1985q P/Wirtanen                 | s. 1985a   | Nov. 13  | 21 13   | -20 12          | 19                |

Lit.: IAU-Circulare 1985, vgl. auch Kometenentdeckungen 1984, AuR 5/85, 118.

Ha.

## Komet Sorrells (1986n)

## Die aktuellen Kometen

(Stand: 1.3.1987)

Entdeckt wurde dieser Komet am 1. November 1986 durch W. Sorrells aus Pleasanton (Kalifornien, USA) fotografisch mit einem 40 cm-Spiegel. Die Helligkeit betrug damals 11,5<sup>m</sup> und stieg bis März 1987 auf 9,5<sup>m</sup> an.

Aus 98 Beobachtungen bis zum 24. Januar 1987 wurde folgende Bahn und Ephemeride gerechnet [1]:

Epoche 1987 März 26.0

Periheltermin 1987 März 9.75804 ET

Perihelargument 70.26891° (1950.0)

Knotenlänge 74.08326°

Bahnneigung 160.57462°

Periheldistanz 1.7203261 AE

| Datum      | RA (1950)                                       | DE          | d     | r     | m    |
|------------|---|-------------|-------|-------|------|
| 1987 06 24 | 21 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 89 <sup>s</sup> | +10° 23' 2" |       |       |      |
| 1987 07 04 | 21 00.33  | +08 06.2    | 1.433 | 2.271 | 10.4 |
| 1987 07 14 | 20 13.58  | +04 47.5    |       |       |      |
| 1987 07 24 | 19 27.64  | +00 54.4    | 1.469 | 2.435 | 11.1 |
| 1987 08 03 | 18 48.17  | -02 52.1    |       |       |      |
| 1987 08 13 | 18 17.68  | -08 05.6    | 1.810 | 2.607 | 12.1 |
| 1987 08 23 | 17 55.77  | -06 41.3    |       |       |      |
| 1987 09 02 | 17 40.92  | -10 44.9    | 2.328 | 2.785 | 13.2 |

| Name                     | Be-<br>zeich-<br>nung | Periheltermin  |
|--------------------------|-----------------------|----------------|
| Levy                     | *1987a                | 1986 Dez. 18.3 |
| Terasako                 | *1987d                | 1986 Dez. 25.1 |
| P/Forbes                 | 1986g                 | 1987 Jan. 1.6  |
| Sorrells                 | *1986n                | 1987 März 9.9  |
| Nishikawa-               |                       |                |
| Takamizawa-Tago          | *1987c                | 1987 März 18.2 |
| Wilson                   | *1986l                | 1987 Apr. 20.8 |
| P/du Toit-Hartley        | 1986q                 | 1987 Juni 11.1 |
| P/Grigg-Skjellerup       | 1986m                 | 1987 Juni 18.0 |
| P/Encke                  | —                     | 1987 Juli 17.4 |
| P/Comas Sola             | 1986j                 | 1987 Aug. 18.7 |
| P/Schwassmann-Wachmann 2 | 1986h                 | 1987 Aug. 30.5 |
| P/Wild 3                 | 1987e                 | 1987 Aug. 31.3 |
| P/Kohoutek               | 1986k                 | 1987 Okt. 29.8 |
| P/Bus                    | 1987f                 | 1987 Dez. 21.3 |
| P/Tempel 2               | 1987g                 | 1988 Sep. 16.7 |

Lit.: [1] Minor Planet Circulars Nr. 11614, 11646 (13.2.1987). - [2] IAU Circulare.



## Definitive Sonnenfleckenrelativzahlen für 1986

| 1986   | JAN | FEB  | MAR  | APR  | MAI  | JUN | JUL  | AUG | SEP | OKT  | NOV  | DEZ |
|--------|-----|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|
| 1      | 0   | 18   | 16   | 9    | 15   | 7   | 0    | 12  | 9   | 12   | 44   | 0   |
| 2      | 0   | 33   | 33   | 10   | 26   | 0   | 0    | 11  | 9   | 14   | 35   | 0   |
| 3      | 0   | 52   | 34   | 10   | 15   | 0   | 11   | 11  | 8   | 23   | 37   | 0   |
| 4      | 0   | 55   | 32   | 0    | 12   | 0   | 14   | 11  | 8   | 24   | 37   | 0   |
| 5      | 0   | 53   | 33   | 0    | 10   | 0   | 18   | 11  | 0   | 24   | 35   | 0   |
| 6      | 0   | 47   | 33   | 0    | 0    | 0   | 29   | 10  | 11  | 22   | 31   | 0   |
| 7      | 0   | 52   | 38   | 0    | 0    | 0   | 29   | 8   | 13  | 27   | 24   | 0   |
| 8      | 0   | 54   | 29   | 9    | 0    | 9   | 29   | 9   | 12  | 20   | 15   | 0   |
| 9      | 0   | 47   | 22   | 0    | 0    | 0   | 17   | 8   | 10  | 32   | 10   | 12  |
| 10     | 0   | 35   | 29   | 9    | 0    | 8   | 36   | 0   | 8   | 20   | 9    | 20  |
| 11     | 0   | 37   | 18   | 13   | 0    | 0   | 39   | 0   | 8   | 23   | 9    | 23  |
| 12     | 0   | 25   | 13   | 14   | 0    | 0   | 36   | 0   | 0   | 26   | 0    | 22  |
| 13     | 13  | 22   | 8    | 13   | 0    | 0   | 25   | 0   | 0   | 22   | 14   | 24  |
| 14     | 16  | 16   | 0    | 26   | 0    | 0   | 16   | 0   | 0   | 0    | 12   | 13  |
| 15     | 13  | 11   | 10   | 25   | 10   | 0   | 28   | 0   | 0   | 0    | 12   | 0   |
| 16     | 16  | 0    | 0    | 21   | 12   | 0   | 26   | 9   | 0   | 11   | 12   | 11  |
| 17     | 0   | 0    | 0    | 13   | 13   | 0   | 28   | 8   | 0   | 16   | 12   | 9   |
| 18     | 0   | 0    | 0    | 15   | 22   | 0   | 14   | 0   | 0   | 22   | 12   | 0   |
| 19     | 0   | 0    | 0    | 13   | 27   | 0   | 13   | 0   | 0   | 31   | 12   | 0   |
| 20     | 0   | 10   | 12   | 16   | 27   | 0   | 18   | 11  | 0   | 39   | 12   | 0   |
| 21     | 0   | 10   | 13   | 22   | 30   | 0   | 21   | 12  | 0   | 47   | 11   | 11  |
| 22     | 0   | 10   | 10   | 20   | 27   | 0   | 22   | 12  | 0   | 57   | 10   | 16  |
| 23     | 0   | 10   | 15   | 42   | 24   | 0   | 14   | 14  | 0   | 71   | 18   | 16  |
| 24     | 0   | 8    | 14   | 58   | 24   | 0   | 0    | 9   | 0   | 76   | 12   | 13  |
| 25     | 0   | 11   | 10   | 43   | 22   | 8   | 0    | 9   | 0   | 68   | 0    | 9   |
| 26     | 7   | 9    | 10   | 43   | 28   | 0   | 0    | 9   | 0   | 60   | 0    | 0   |
| 27     | 0   | 15   | 11   | 33   | 19   | 0   | 12   | 9   | 0   | 65   | 13   | 0   |
| 28     | 0   | 10   | 13   | 23   | 18   | 0   | 13   | 9   | 0   | 61   | 0    | 0   |
| 29     | 0   | 11   | 28   | 19   | 0    | 17  | 9    | 8   | 63  | 8    | 0    | 0   |
| 30     | 10  | 11   | 27   | 13   | 0    | 19  | 9    | 9   | 62  | 0    | 0    | 0   |
| 31     | 10  | 0    | 12   | 17   | 9    | 17  | 9    | 50  | 11  |      |      |     |
| Mittel | 2.5 | 23.2 | 15.1 | 18.5 | 13.7 | 1.1 | 18.1 | 7.4 | 3.8 | 35.4 | 15.2 | 6.8 |

Jahresmittel: 13.4

A. KOECKELENBERGH

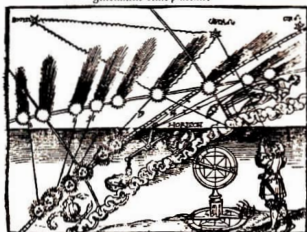
## Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen Januar/Februar 1987

| Tag | Januar | Februar | Tag | Januar | Februar |
|-----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 1   | 19     | 0       | 16  | 0      | 0       |
| 2   | 15     | 0       | 17  | 13     | 0       |
| 3   | 12     | 0       | 18  | 17     | 0       |
| 4   | 11     | 0       | 19  | 9      | 0       |
| 5   | 10     | 0       | 20  | 9      | 7       |
| 6   | 9      | 0       | 21  | 14     | 7       |
| 7   | 10     | 0       | 22  | 20     | 7       |
| 8   | 0      | 0       | 23  | 23     | 0       |
| 9   | 0      | 0       | 24  | 12     | 0       |
| 10  | 0      | 7       | 25  | 13     | 14      |
| 11  | 0      | 7       | 26  | 14     | 14      |
| 12  | 0      | 7       | 27  | 12     | 19      |
| 13  | 0      | 0       | 28  | 20     | 8       |
| 14  | 8      | 8       | 29  | 15     |         |
| 15  | 9      | 7       | 30  | 0      |         |
|     |        |         | 31  | 10     |         |

Mittel 9,8 4,0

A. KOECKELENBERGH

**Ein kurzer bericht d Objei**  
**uation vnnnd vrtels / des Jüngst erschinen**  
**Cometen /im weinmon vn wintermon dses**  
**XXXII. Jars** In Ebin den Durchleuchtigen Hochgebornen Fürsten  
 und Herrn Herrn Wilhelm Pfalzgrauen bey Rhein. Herzog in Lothringen  
 und Aldern Vapen d. ganz Deutscher Nation vnd den heidhatsern  
 der Astronomischen Kunst zu Nuß Durch Petrum Apianum von Lest  
 nitz der Hochschultz Insiglat Astronomum auffo fleißigst war  
 genommen vnd practiert.



Die welt kin ja dem / nicht von dem erschinen Cometen / vermale net thuen /  
 nach dem lauf der Cometen ober d. oberste d. welt / von dem vnter /  
 der welt / von dem / der welt / von dem / der welt / von dem / der welt /  
 der welt / von dem / der welt / von dem / der welt / von dem / der welt /  
 der welt / von dem / der welt / von dem / der welt / von dem / der welt /

**Dringend!** Suche Montierung gleich welcher Größe, Bauart, welchen Alters (auch defekt o. unvollst.). - D. Arndt, Allendstr. 26, Magdeburg, 3034.

## Komet Halley historisch

Komet Halley wurde bis jetzt mit einiger Sicherheit bei 30 Periheldurchgängen beobachtet (AuR 3/85, S. 67). Es gibt aus China noch frühere Beobachtungen, die möglicherweise den Kometen betreffen, doch ist dies unsicher. Die größte Helligkeit hatte der Komet wahrscheinlich 66 u. Z. mit etwa -3 Größenklassen, die geringste - leider - 1986. Sehr auffällig muß der Komet auch 684 u. Z. gewesen sein, denn in der „Weltchronik“ des Hartmann Schedel befindet sie sich mit einem kurzen Text, der die angeblichen fürchterlichen Folgen seiner Erscheinung, wie Unwetter, Krankheiten, Tod und Mitternachten schildert, erwähnt, sogar mit einer bildlichen Darstellung (vgl. re. Abb. [1]). Zwar ist dies keine Abbildung dieses speziellen Kometen, sondern einfach eine Wiedergabe dieses Typs von Himmelskörpern, doch stellt sie nicht nur das auf das älteste Datum bezogene Bild Halleys, sondern überhaupt eines Kometen dar. Welche Unterlagen Schedel zur Verfügung hatte, ist unbekannt.

Die zweitälteste Wiedergabe des Halleyschen Kometen befindet sich auf dem bekannten Teppich von Bayeux (vgl. AuR 2/84, 2. US), welcher die Landung der Normannen 1066 in England schildert. Von der nächsten Wiederkehr des Kometen im Jahre 1145 existiert eine mit angelsächsischem Kommentar versehene Skizze im Utrechter Psalter des Mönchs Eadwine in Canterbury (vgl. Titelblatt Sterne 5—6/85), dann folgt von der übernächsten Wiederkehr im Jahre 1301 das um 1304 entstandene Gemälde von Giotto di Bondone (1266—1337) in der Scrovegni-Kapelle in Padua (ein Motiv, das auch für eine Briefmarkenemission der VR Ungarn 1986 Verwendung fand). Von den Periheldurch-



gängen des Kometen von 1531 bis 1682 existieren zahlreiche Darstellungen auf Kometenflugblättern [2] und kleineren Kometenschriften.

Die erste Fotografie des Kometen gelang am 11. 9. 1909 Max Wolf in Heidelberg. Daß Wolf den Kometen schon am 28. 8. 1909 auf fotografischen Platten abgebildet hatte, ändert nichts am Entdeckungsdatum, da dies erst mit modernen Bildbearbeitungsmethoden gefunden wurde (vgl. AuR 6/85, S. 142).

Von Interesse sind vielleicht noch die Zeiten, in denen der Komet Halley bei seinen letzten Erscheinungen jeweils vor seinem Periheldurchgang wiederentdeckt wurde. 1758 gelang seine teleskopische Auffindung durch Johann Georg Palitzsch in Prohlis bei Dresden 79 Tage vor dem Perihel; 1835 durch Dumouchel in Rom, ebenfalls mit einem Fernrohr, 103 Tage, 1910 durch Wolf mit einem Astrografen 223 Tage und 1986 durch Danielson und Jewitt auf dem Mt. Palomar mit dem 5,08 m-Spiegellteleskop 1213 Tage vor dem Perihel.

Wann wird Halley bei seinem Umlauf um die Sonne ohne Unterbrechung, durch Raumsonden, Weltraumteleskope und andere moderne Hilfsmittel bei einem vollständigen Umlauf verfolgt werden können?

Vielleicht ist noch eine Notiz zum Kometen Halley 1066 von Interesse. Nicht nur für Ereignisse weltpolitischer Bedeutung, wie die Macht ergreifung der Normannen in England machte man den Kometen verantwortlich, sondern auch für Vorgänge mehr territorialen Charakters. So findet sich in der um 1080 verfaßten „Hamburgischen Kirchengeschichte“ des gelehrten Geistlichen Adam von Bremen ein Passus, der sich auf Halley bezieht! Es heißt hier: „Die Vertreibung des Erzbischofs [Adalbert von Bremen] also und der Tod Gotesalks ereigneten sich beide ungefähr in demselben Jahre, nämlich im zweundzwanzigsten Amtsjahre Adal-

### Zur Abbildung auf Seite 72:

Bei der Beobachtung des Kometen Halley im Jahre 1531 beobachtete Peter Apian (geb. 1495 in Leisnig, heute Bez. Leipzig, gest. 1552 in Ingolstadt) die stets von der Sonne abgewandte Ausrichtung des Kometenschweif. Dies war seit Anfang des 17. Jh. Ausgangspunkt für Versuche einer physikalischen Erklärung der Schweifentstehung.

Die Abb. zeigt einen Astronomen mit Jakobstab und einer Art Theodolit bei der Beobachtung des Kometen von 1532, dessen Lauf am Himmel mit der Schweifstellung wiedergegeben ist (Titelblatt einer Schrift Apians über den Kometen von 1532). Vgl. auch die Buchankündigung auf S. 91. Ha.

berts. Und, irre ich mich nicht, so zeigte uns diese Leiden, die uns treffen sollten, jener furchtbare Komet an, der in eben diesem Jahre um die Ostertage erschien.“ [3]  
 Was war geschehen? Goteschalk war bei Machtkämpfen um die Grafschaft Emisgo (Friesland) von Graf Bernhard erschlagen worden. Adalbert dagegen, ein am Königshof zu hohem Rang aufgestiegener Kirchenfürst, durch Intrigen anderer Bischöfe aus allen weltlichen Ämtern vertrieben. Adam schrieb, er habe allzuviel Geld und Kirchenbesitz an heidnische Fürsten verschenkt, um diese (wenigstens formell) zur Annahme des Christentums zu bewegen.  
 In der Gedankenwelt christlicher Kometendeutung des Mittelalters konnte Adam, ein naturwissenschaftlich für seine Zeit sehr gebildeter Mann, tatsächlich annehmen, diese für das Bremen/Hamburgische Bistum so nachteiligen Entwicklungen seien durch einen Kometen, ein durch Gottes Fügung an den Himmel gestelltes Zeichen, angezeigt worden [4].

Lit.: [1] Schedel, H.: Buch der Chroniken. Nürnberg 1493, Bl. 157 [fotomechanischer Nachdruck Leipzig 1933] – [2] Classen, J.: 15 Kometenflugblätter des 17. und 18. Jahrhunderts. Veröffentl. Sternw. Pulsnitz, Nr. 11, 1977. – [3] Adam von Bremen: Hamburgische Kirchengeschichte. Geschichtsschreiber der deutschen Vorzeit, Bd. 44, Leipzig 1893, S. 50. – [4] Hamel, J.: Die Kometen im Weltbild der Antike und des Mittelalters. Sterne 60 (1984) 347–356.

J. CLASSEN, J. HAMEL

## Differentielle Refraktion contra Großfeldhimmelsaufnahmen

RAINER ZIENER

Sonnenbeobachtungen in Horizontnähe lassen die Wirkung der differentiellen Refraktion augenscheinlich werden: Die Sonne erscheint nicht mehr rund, sondern abgeplattet. Wie läßt sich dieses Phänomen erklären?

Unter dem Begriff „Refraktion“ wollen wir die Ablenkung der von den Himmelsobjekten kommenden Strahlung durch die Erdatmosphäre verstehen. Tritt nämlich ein Lichtstrahl schräg durch die Grenzfläche von optisch verschieden dichten Medien (hier von nahezu Vakuum in die Atmosphäre), so wird er gebrochen. Die Richtungsänderung des Lichtstrahles wird um so größer, je größer der Dichteunterschied der Medien und je größer der Einfallswinkel des Strahles ist. Abb. 1 veranschaulicht stark vereinfacht die Verhältnisse. Im Falle senkrechten Einfalles der Strahlung (Beobachtung im Zenit) verschwindet die Refraktion. Da die Atmosphäre

der schräg zum Einfallslot ankommende Strahl zum Lot hin gebrochen. Dies bedeutet, daß die Refraktion stets eine „Anhebung“ des vom Objekt kommenden Strahles bedeutet. In sehr vereinfachter Form läßt sich folgende Formel für die Berechnung der Refraktion  $R$  ['] aufstellen:

$$R = \alpha \cdot \tan z \quad (1)$$

dabei ist  $\alpha$  die Refraktionskonstante,  $z$  die Zenitdistanz.

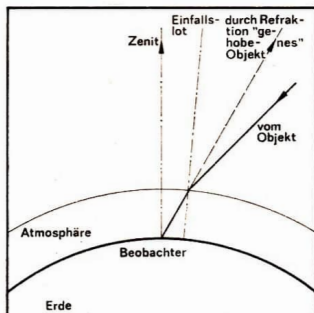
Die Formel gilt recht gut bis  $z = 70^\circ$  mit einer Konstanten  $\alpha$  von etwa  $60''$ . In strenger Form ist  $\alpha$  von mehreren Größen abhängig, nämlich von Lufttemperatur, -druck, -feuchtigkeit und Wellenlänge der beobachteten Strahlung.

Angewandt auf unsere Sonnenbeobachtung in Horizontnähe ergibt sich folgendes: Generell wird die Sonne scheinbar angehoben (direkt am Horizont um etwa  $35'$ ). Da der untere Sonnenrand jedoch eine größere Zenitdistanz hat als der obere, ist nach Formel (1) leicht einzusehen, daß der untere Rand stärker angehoben wird als der obere. Die Sonne erscheint uns auf Grund der Unterschiede der Refraktion (=differentielle Refraktion) abgeplattet.

Bei der Positionsbestimmung von Sternen auf photographischen Himmelsaufnahmen muß die differentielle Refraktion entsprechend berücksichtigt werden. Dies ist im Prinzip möglich und bereits Ende des vergangenen Jahrhunderts gab es eine Vielzahl von Veröffentlichungen zu diesem Problem.

Bei langbelichteten Aufnahmen (das können u. U. bereits 10 Minuten sein) mit Kameras großen Gesichtsfeldes ( $1^\circ$  oder mehr) kann die

Abb. 1: Stark vereinfachte Darstellung der Refraktion.



optisch dichter ist als der freie Weltraum, wird differentielle Refraktion einen sehr unangenehmen Einfluß haben: Sterne unterschiedlichen Ortes auf der Platte erleiden eine unterschiedlich große Verzeichnung.

Zunächst wollen wir feststellen, daß die Optiker heutzutage praktisch in der Lage sind, das Auflösungsvermögen von Astrooptik bis in die Nähe der beugungsbegrenzten Auflösung zu treiben. Legen wir für die Größe des Beugungsscheibchens  $\beta$  (in Bogensekunden) die Faustformel

$$\beta = 280/D \quad (2)$$

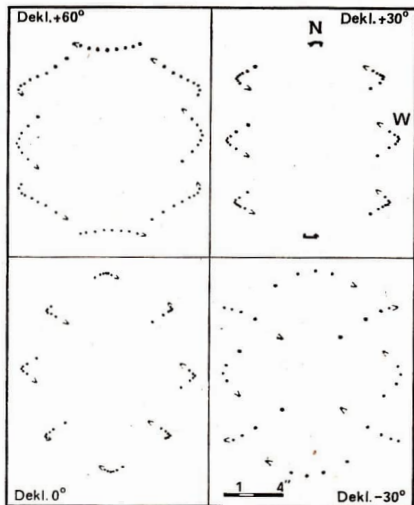
zugrunde (wobei  $D$  der Objektivdurchmesser in mm ist, die Formel gilt für 550 nm Wellenlänge), so finden wir für ein 2m-Teleskop einen Wert von  $0,14''$  für  $\beta$ . Die atmosphärisch bedingte Bildgröße („Seeing“) ist größer, an sehr guten Beobachtungsplätzen sind jedoch Werte von  $0,5''$  keine Seltenheit. Deshalb sollte in diesem Fall für die vorgegebenen Größen Gesichtsfeld und Belichtungszeit gefordert werden, daß „fremde“ Bildverzeichnungen deutlich unter  $0,5''$  bleiben. Dies wird durch die Wirkung der differentiellen Refraktion oft nicht erfüllbar. Wie müssen wir das verstehen?

Betrachten wir als erstes eine „Momentaufnahme“ eines Himmelsfeldes. Die differentielle Refraktion „verschiebt“ die Sterne relativ zum Leitstern in der Richtung senkrecht zum Horizont. Die Sterne bleiben jedoch alle punktförmig. Belichten wir länger, so ändert sich einerseits die Zenitdistanz der Objekte und zum anderen auch die Lage der Platte im Horizontsystem. Da wir die Aufnahme nach einem Leitstern führen, kompensieren wir für diesen die Wirkung der Refraktion. Er wird punktförmig abgebildet, während die anderen Objekte zum Teil recht merkwürdige Spuren beschreiben. Diese hängen ab von der Distanz zum Leitstern, von der Belichtungszeit, von Deklination und Stundenwinkel der Aufnahmegegend und von der geographischen Breite des Beobachtungsortes. In einer ausführlichen Arbeit hat Hinks [1] bereits 1898 auf diese Effekte aufmerksam gemacht und Formeln zur Berechnung angegeben.

**Abb. 2:** Wirkung der differentiellen Refraktion bei einer geographischen Breite  $\varphi = 30^\circ$  und verschiedenen Deklinationen (siehe Text).

Es scheint, als wäre die Wirkung der differentiellen Refraktion auf langbelichtete Großfeldaufnahmen danach etwas in Vergessenheit geraten. Bowen [2] hat 1967 in einer Arbeit über „Zukunftsgeräte des Astronomen“ wieder auf den störenden Einfluß der differentiellen Refraktion hingewiesen. Seine vier Abbildungen für verschiedene Deklinationen (geographische Breite  $\varphi = 30^\circ$ ) zeigen die Effekte anschaulich. Die gleichen Abbildungen benutzt Michelson [3] in seinem 1976 erschienenen Buch „Optische Teleskope“. Andere Beispiele zeigen Wallace und Tritton [4] für den UK-Schmidt in Australien.

Sowohl auf der Basis der von Hinks gegebenen Formeln als auch durch Koordinatentransformation mit direkter Refraktionsberücksichtigung wurden Rechenprogramme für Kleincomputer in BASIC selbst erstellt. Die zwei Verfahren ergeben praktisch identische Ergebnisse. Auch die Beispiele von Wallace und Tritton können mit den erstellten Programmen nachvollzogen werden. Aus der Serie von Bowens Abbildungen zeigt allerdings nur die Rechnung für  $\delta = 0^\circ$  Übereinstimmung, während bei den anderen Deklinationen zum Teil erhebliche Abweichungen vorhanden sind.





So besteht der Verdacht, daß Bowens Abbildungen zum Teil Fehler aufweisen oder zumindest bestimmte Rechenparameter (Instrumentenfehler?) in der zitierten Publikation unerwähnt geblieben sind.

Deshalb sollen in vorliegender Arbeit zur Illustration der Wirkung der differentiellen Refraktion die Beispiele mit den von Bowen gegebenen Parametern, gerechnet nach den Formeln von Hinks, gezeigt werden (Abb. 2). Die geographische Breite ist dabei  $30^\circ$ , die Polachse des Fernrohres sei exakt auf den „wahren“ Himmelspol (Einfluß der Refraktion eliminiert) gerichtet. Der Leitstern der Aufnahme liege in der Feldmitte. Es wird weiterhin vorausgesetzt, daß nachführendes Auge und die zu belichtende Platten-Filter-Kombination etwa gleiche spektrale Empfindlichkeit aufweisen. Die Refraktionskonstante wird für diesen Fall zu  $57.3''$  angenommen. Nun wird der Weg berechnet, den Sterne auf der Platte relativ zum Leitstern beschreiben, die in 8 verschiedenen Richtungen (N, NW, W, SW, S, SE, E, NE) jeweils  $1^\circ$  vom Leitstern entfernt sind. Die Punkte in der Abb. 2 repräsentieren dabei Positionen in Einstunden-Intervallen während der Belichtung, die immer symmetrisch zum Meridian liegt (Stundenwinkel  $-2^h$  bis  $+2^h$  bei  $\delta = -30^\circ$ ,  $-3^h$  bis  $+3^h$  bei  $\delta = 0^\circ$ ,  $-4^h$  bis  $+4^h$  bei  $\delta = 30^\circ$  und  $\delta = 60^\circ$ ). Der Pfeil zeigt die Richtung der Verschiebung an.

Bei größeren Feldern würden sich die Effekte in erster Näherung linear mit der Feldgröße verstärken. Aus der Abb. 2 ersieht man, daß in ungünstigen Beobachtungslagen bereits bei  $2^\circ$

Felddurchmesser und Belichtungszeiten von einer Stunde erheblich größere Verzeichnungen als die oben geforderten Werte der Größenordnung  $0,5''$  auftreten können.

Läßt sich die Wirkung der differentiellen Refraktion vermeiden? Völlig nicht, aber in bestimmten Beobachtungslagen zum Teil. Hinks wiederum hat in der bereits mehrfach erwähnten Arbeit darauf hingewiesen, daß die differentielle Refraktion aus zwei Komponenten besteht. Eine führt zu einer unregelmäßigen Distorsion des Aufnahmefeldes, die zweite zu einer Drehung desselben.

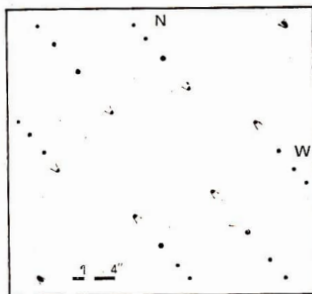
Die letztgenannte Komponente kann kompensiert werden, wenn man bedenkt, daß eine Abweichung der Fernrohr-Polachse vom wahren Pol gleichfalls eine Felddrehung bewirkt. Wallace und Tritton haben deshalb für das UK-Schmidt-Teleskop (Feldgröße  $6.5^\circ \times 6.5^\circ$ ) eine einfache Verstellmöglichkeit der Polachse konzipiert. Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, bei jeder Aufnahme zumindest die Rotationskomponente der differentiellen Refraktion unschädlich zu machen.

Für Amateur- und Schulsternwarten wird die Wirkung der differentiellen Refraktion auf Grund der meist kurzen Kamerabrennweiten sicher oft unter der Auflösungs Grenze der photographischen Platte liegen. In extremen Beobachtungslagen (große Zenitdistanz, große Änderung der Zenitdistanz während der Belichtungszeit) ist allerdings auch bei kleineren Instrumenten mit obengenanntem Effekt zu rechnen. Abb. 3 zeigt ein solches Beispiel. Für diese Abbildung sind folgende Parameter vorgegeben worden: Geographische Breite  $51^\circ$ , Felddurchmesser  $5^\circ$ , Deklination  $+10^\circ$ , Anfangszeitenwinkel  $3^h 42^m$ . Belichtungen finden alle 20 Minuten statt (insgesamt 1 Stunde). Die Zenitdistanz dieser Aufnahme übersteigt nie  $70^\circ$ . Setzen wir eine Brennweite von 900 mm voraus, so entspricht  $5''$  etwa  $22 \mu\text{m}$ . Dies ist ungefähr die Auflösung der gebräuchlichen Astro-Platte ZU 21. Ein Instrument mit den zur Rechnung benutzten Parametern ist an der Jenaer Volkssternwarte „Urania“ vorhanden (Schmidt kamera 300/450/900). Abb. 3 zeigt, daß für dieses Instrument in der gewählten Beobachtungsstellung der Einfluß der differentiellen Refraktion durchaus merkbar ist. Zur Minderung dieses Einflusses ergeben sich zwei Regeln:

1. Vermeidung von langbelichteten Aufnahmen in großen Zenitdistanzen;
2. Vermeidung von großen Änderungen der Zenitdistanz während der Belichtungszeit.

Der zweite Punkt läßt sich durch meridiannähe Beobachtungen erfüllen.

Abb. 3: Wirkung der differentiellen Refraktion für speziellen Fall eines Amateurinstrumentes (siehe Text).



Lit. [1] Hinks, A. R.: Monthly Notices of the R. A. S. 58 (1898), S. 428. - [2] Bowen, I. S.: Quarterly Journal of the R. A. S. 8 (1907), S. 9. - [3] Michelson, N. N.:

Optische Teleskope, Verlag „Wissenschaft“ Moskau (1976), S. 81. - [4] Wallace, P. T. und Tritton, K. P.: Monthly Notices of the R. A. S. 189 (1979), S. 115.



## Interbol erschließt die Magnetosphäre

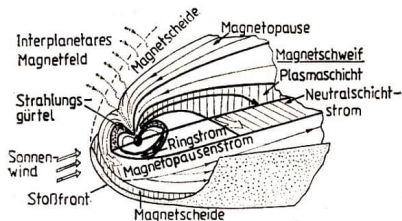
J. BÜCHNER, L. M. SELJENYI

Für Anfang der 90er Jahre plant die Interkosmoskooperation ein bisher einmaliges Vier-Satelliten-Experiment zur Erforschung der dynamischen Prozesse im erdnahen Kosmos, an dessen Vorbereitung sich Wissenschaftler aus der UdSSR, Bulgarien, der ČSSR, DDR, VR Polen, Rumänien, Kuba, Frankreich, Finnland und Schweden beteiligen. Der Projektname „Interbol“ unterstreicht den international offenen Charakter des Vorhabens. Seine ungewöhnliche Endung bezieht sich auf einen rätselhaften dynamischen Vorgang im erdnahen Kosmos, dessen Erforschung das Unternehmen unter anderem gilt: „Feuerball“ (engl. fireball, gesprochen „.... bol“), so nannten ihre Entdecker jene Glutbälle heißen Plasmas, die von Zeit zu Zeit in der nachtsseitigen Plasmahülle der Erde, dem Schweif der Erdmagnetosphäre, entstehen, um mit hoher Geschwindigkeit in den interplanetaren Raum davonzufliegen. Gleichzeitig werden Magnetstürme ausgelöst, schnelle und starke Schwankungen des Magnetfeldes an der Erdoberfläche. In hohen Breiten erscheinen Polarlichter, Überspannungen werden in elektrische Netze induziert, ebenso in lange Rohrleitungen, Erdöl- und -gaspipelines, Veränderungen in der Ionosphäre der Erde, früher ausschließlich mit der Sonnenaktivität in Verbindung gebracht, hängen offenbar direkt mit einer derart ausgeprägten Eigendynamik des magnetosphärischen Plasmas zusammen. Seine Erforschung ist unter anderem Voraussetzung für eine sichere Prognose des Funkwetters.

Betrachtet man die hohe Geschwindigkeit der Plasmaball-Bewegung (über 1000 Kilometer je

Sekunde) und die Dutzende von Millionen Grad betragenden Temperaturen in ihrem Inneren, denkt man unwillkürlich an analoge Vorgänge auf der Sonne, im Sonnenwind, in den Atmosphären entfernter Sterne, aber auch in der Umgebung aktiver Galaxienkerne (jet-Strukturen). Das gibt der komplexen Erforschung der Dynamik des erdnahen Plasmas durch Interbol eine weitere Dimension: Sie ermöglicht direkte, sogenannte in-situ-Messungen in einem typischen astrophysikalischen Plasma. Derartige Direktuntersuchungen erwiesen sich als unumgänglich für das Verständnis des kosmischen Plasmas, ergänzt durch Rechnermodellierungen und theoretische Forschung überhaupt.

Während unser heutiges Wissen um die Vorgänge im erdnahen Kosmos vorwiegend auf einer Vielzahl von Einzeluntersuchungen beruht, die mit Bodenstationen und, seit 1957, von Satelliten aus geführt wurden, wird Interbol erstmals umfangreiche Komplexmessungen am Gesamtsystem des erdnahen Plasmas in seiner Wechselwirkung mit dem Sonnenwind (= der expandierenden Sonnenkorona) und dem Erdmagnetfeld ermöglichen. Abbildung 1 soll veranschaulichen, welche Bedeutung eine gleichzeitige Untersuchung des erdnahen Plasmas von mehreren Satelliten aus besitzt: Knapp 100 000 Kilometer vor der Erde wird der (sich schneller als mit der für ihn typischen Schallgeschwindigkeit ausbreitende, mit dem interplanetaren Magnetfeld behaftete) Sonnenwind an einer stehenden Stoßfront stark abgebremst, bis er, noch immer weit (etwa 60 000 Kilometer) von der Erde entfernt, an der sogenannten Magnetopause auf das Erdmagnetfeld und das von ihm gefangene Plasma, auf die Magnetosphäre der Erde also, trifft. Hier entscheidet sich in einem nicht restlos aufgeklärten Prozeß, unter partieller „Verschmelzung“ der Magnetfelder solaren und irdischen Ursprungs, welchen Weg der Plasmaenergie-



und -teilchenfluß von der Sonne nimmt. In der Regel wird er zum größten Teil im weiten Bogen um die Erde herumgeleitet. Ein sehr variabler Anteil dringt jedoch bis in die Erdatmosphäre vor.

Ein Weg verläuft entlang polarer Magnetfeldlinien, die durch die Magnetopause hindurch direkt mit dem interplanetaren Magnetfeld verbunden sind. Die auf diesem Weg in die Erdatmosphäre eindringenden Teilchen erzeugen in hohen Breiten einen Teil des herrlichen, seit Jahrtausenden die menschliche Phantasie beflügelnden Polarlichts. Die an der tagseitigen Magnetopause mit dem Erdmagnetismus verbundenen Plasmamassen solaren Ursprungs werden über die sogenannte Magnetscheide der Erde als abgelenkter, aber immer noch mit mehr als 100 km/s „wehender“ Sonnenwind weit hinter die Erde geführt. Es bildet sich die mehrere Millionen Kilometer lange Schweif der Magnetosphäre, der ihre charakteristische langausgezogene Form verleiht. Der Magnetosphärenschweif wird durch ein gigantisches Stromsystem aufrechterhalten, das sich über die Schweifmagnetopause und die Schweifstromschicht (wegen der geringen Magnetfeldstärke dort auch „Neutralschicht“ genannt) schließt und Energien gespeichert hält, die die jährliche Produktionsrate aller irdischen Kraftwerke um ein Vielfaches übersteigt. In der Nähe der Äquatorialebene des Magnetosphärenschweifes, in der sogenannten Plasmachicht, sammelt sich das inzwischen auf Millionen Grad erhitzte Plasma. Die relative Stabilität des irdischen Plasmaschweifs, der den Hauptteil der auf die Erde vordringenden solaren Teilchenströme auffängt, ist die Ursache dafür, daß Schwankungen der Sonnenaktivität sich nicht unmittelbar auf die Erde auswirken. Man kann sich nun vorstellen, daß die Auffüllung des Schweifs mit solarem Plasma sich nicht unbegrenzt fortsetzen kann. Von Zeit zu Zeit ereignen sich denn auch gewaltige Explosionen, in deren Folge unter an-

Abb. 1

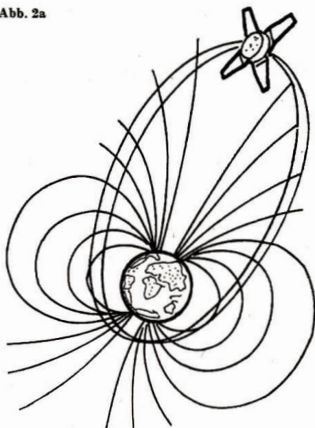
rem die bereits erwähnten Feuerbälle entstehen. Diese Explosionen setzen unvorstellbare Millionen von Megawatt an Leistung um, einhundert Mal mehr als alle Kraftwerke der Welt! Damit erinnern sie an Prozesse, die der Sonnenaktivität zugrunde liegen, aber auch an Beobachtungen in den Laborversuchen zur gesteuerten Kernfusion, den Tokamaks. Es handelt sich also um Prozesse, deren Erforschung Modellcharakter besitzt!

Die stürmischen Prozesse im Schweif der Magnetosphäre bleiben selbstverständlich auch in Erdnähe nicht ohne Folgen. Sie beschleunigen unter anderem Plasma und energetische Teilchen in Richtung Erde. Ein Teil der Teilchenmassen dringt dabei direkt in dichtere Schichten der Erdatmosphäre vor und erzeugt dort unter anderem ionosphärische Stürme. Andere Teilchen werden vorher durch das Erdmagnetfeld seitlich abgelenkt und auf relativ stabilen Bahnen eingefangen. Die gefangenen Ionen bilden den sogenannten Ringstrom, der sich durch eine Absenkung des Magnetfeldes an der Erdoberfläche bemerkbar macht. Die Elektronen sammeln sich in den bereits zu Beginn der Satellitenära entdeckten Strahlungsgürteln. Es bilden sich weitere Stromsysteme aus, wie der sogenannte aurorale Elektrojet, die untereinander und mit dem Schweifstrom verbunden sind und die Elektrodynamik des erdnahen Raumes bestimmen.

Diese Schilderung der hauptsächlich dynamischen Vorgänge im erdumgebenden kosmischen Plasma umfaßt nur einen kleinen Teil der heute bekannten bzw. angenommenen Zusammenhänge. Sie sollte vor allem verdeutlichen, daß es sich hierbei um außerordentlich komplexe, über räumliche Entfernungen von Dutzenden Millionen Kilometern verlaufende Prozesse handelt. Die Ausbreitungszeiten der geschilderten Erregungen betragen dabei in der Regel nur wenige Minuten, Magnetosphärenstürme dauern etwa eine Viertelstunde, auch sekundenkurze Teilstrukturen wurden bereits nachgewiesen. Satelliten bewegen sich auf den in Frage kommenden Bahnen mit Geschwindigkeiten von einem bis acht Kilometer in der Sekunde. Das bedeutet einen Wechsel der Satellitenposition, selbst während langdauernder Störungen, um nur wenige Tausend Kilometer. Die Störung hat sich inzwischen aber in Form von Plasmawellen, Teilchenflüssen oder Plasmaströmen in einer hundertfach größeren Entfernung ausgewirkt!



Abb. 2a



Wenn man nun noch daran denkt, daß sich Satelliten entlang vorprogrammierter, bahnmechanischen Gesetzen unterliegenden Trajektorien bewegen, also in der Regel nicht entlang der Ausbreitungsrichtung der Störungen, wird deutlich, daß der gleichzeitige Einsatz mehrerer Satelliten notwendig ist, um den Zusammenhang der in der Erdmagnetosphäre ablaufenden Prozesse zu verstehen.

Ein erster Schritt in dieser Richtung war das US-amerikanisch-westeuropäische Gemeinschaftsprojekt ISEE (International Sun-Earth Explorer) Ende der 70er Jahre, in dessen Rahmen zwei Satelliten auf nahen Bahnen hintereinander flogen, während ein dritter am Librationspunkt zwischen Sonne und Erde den Sonnenwind überwachte.

Von völlig neuer Art wird Interbol sein. Das Projekt sieht zwei unabhängig gestartete (Mutter-) Satelliten vor, die jeweils einen Subsatelliten ausstoßen sollen. Ein Satellit, die sogenannte Aurorasonde, wird auf eine polare Umlaufbahn in 10.000 bis 15.000 Kilometer Höhe über dem Polarlicht gebracht (siehe Abb. 2a), der zweite auf eine stark geneigte, hochelliptische Bahn mit hinreichend großem Apogäum, um den Magnetosphärenschweif in 100.000 bis 150.000 Kilometer Erdentfernung erforschen zu können (die Schweifsonde; siehe Abb. 2b). Nach dem in der sowjetischen Raumfahrt bewährten, kostensparenden Baukastenprinzip werden die Muttersatelliten vom vielfach erfolgreich einge-

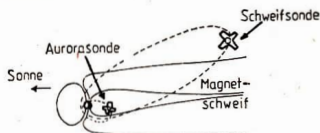
setzten Prognos-Typ sein. Erst Ende 1985 hatte dieser Typ am tschechoslowakisch-sowjetischen Gemeinschaftsprojekt „Interschok“ zur Erforschung der Feinstruktur der der Erde vorgelagerten Stoßfront im Sonnenwind der Wissenschaft wieder einmal gute Dienste geleistet (siehe 2. Umschl.-S.). Selbstverständlich wird der an Bord der Interbol-Satelliten installierte Gerätekomplex den speziellen Zielen der Mission angepaßt sein. Auf dem auroralen Sputnik wird sich z. B. das Gerät „Aurovisor“ befinden, das Polarlichtaufnahmen „von oben“ ermöglicht. Ein in der DDR gefertigtes Gerät wird von Bord der Schweifsonde aus erstmals eine komplexe Untersuchung der Elektronen- und Ionenstromfluktuationen in der äußeren Magnetosphäre erlauben.

Aurorale- und Schweif-Muttersatelliten setzen darüber hinaus jeweils einen in der ČSSR hergestellten Subsatelliten aus, die autonom arbeiten, also eine eigene Energieversorgung, Lageregelung und Sender besitzen. Auch sie sind mit einer Grundausstattung der wichtigsten Meßgeräte für elektrische und magnetische Felder, Temperatur und Dichte des Hintergrundplasmas, energetische Teilchen und Plasmawellen versehen. Die Entfernung zwischen Mutter- und Subsatelliten wird in den wissenschaftlich besonders interessanten Intervallen regelbar sein und wenige Hundert bis einige Tausend Kilometer betragen.

Bereits heute sind Bahnsituationen ermittelt, die gegenseitige Positionen des polaren (d. h. auroralen und des Schweif-Satellitenpaares ergeben, welche eine Verfolgung der magnetosphärischen Erregungen von ihrem Quellgebiet über die erdnahe Magnetosphäre, Ionosphäre bis hinunter zur Erdoberfläche zulassen. Das internationale wissenschaftliche Programm sieht darüber hinaus eine gezielte Einbeziehung des existierenden Netzes von Bodenstationen der am Projekt beteiligten Länder vor, dem sich weitere interessierte Wissenschaftlergruppen anschließen können.

Eine anspruchsvolle wissenschaftlich-technische Aufgabe besteht in der Verarbeitung der von vier Satelliten gleichzeitig eintreffenden Daten-

Abb. 2b





Bereits jetzt gilt es, die Meßprogramme der mit Mikroprozessoren ausgestatteten Geräte zu optimieren, Varianten vorzubereiten, die möglichst vielen vorhersehbaren Situationen gerecht werden können. Dazu dienen Modelle, die auf der Grundlage früherer Untersuchungen erarbeitet werden. Diese Vorbereitung schließt allerdings nicht aus, daß unerwartete Situationen eintreten. Es ist somit nicht nur die große Menge Daten der schnell arbeitenden Meßgeräte, die zu empfangen, aufzubereiten und einer ersten Auswertung zu unterziehen ist. Es ist auch eine sogenannte schnelle Überblicksverarbeitung auszuführen, die den auf der Erde beobachtenden Wissenschaftlern die wichtigsten Informationen sofort zukommen läßt, damit operativ Änderungen des Meßprogramms, z. B. durch Umprogrammieren der Bordrechner, erfolgen können.

Bis zum Start der Satelliten Anfang der 90er Jahre ist jedoch noch eine Reihe von Arbeiten zu erledigen: Die Techniker der beteiligten Länder fertigen die Geräte, den Vorstellungen der Wissenschaftler entsprechend, unter Einsatz modernster mikroelektronischer Technologien und Informationsverarbeitungsmethoden. Die Wissenschaftler der am Projekt beteiligten Länder erarbeiten gemeinsam ein Meßprogramm, das gewährleisten soll, durch Interbol ein Maximum an Wissenszuwachs über die Vorgänge im erdnahen Weltraum für Anwendungszwecke und Grundlagenforschung zu erreichen. Dabei bewahrt sich nach den internationalen Projekten zur Erforschung des Kometen Halley ein weiteres Mal die friedliche internationale Zusammenarbeit bei der Erschließung des Weltraums.

## Füni Jahre KOSPAS-SARSAT

H.-D. NAUMANN

Bei Flugzeug- und Schiffskatastrophen, aber ebenso Notsituationen in anderen mobilen Aktivitätsbereichen, besonders in unbewohnten und schwer zugänglichen Gebieten, ist eine kurzfristige, automatisch ausgelöste und sofort übermittelte Alarmmeldung, aus der die Unfallstelle mit hoher Genauigkeit ortbar ist, oft entscheidend für die Rettung von Menschenleben und Sachwerten. Im Luft- und Seeverkehr spielt hierbei die Funktechnik seit ihrem Bestehen die bedeutendste Rolle. Die Aussendung von Notruffunksignalen ist die universellste, oft einzige Möglichkeit, der Umwelt eine Notfallsituation und Hilfebedürftigkeit zu signalisieren.

International festgelegt sind dafür Frequenzen von 121,5 MHz und 243 MHz (vorwiegend militärische Nutzer). Speziell für Satelliten-Notruffdienste wurde durch die WARC 1979 das Frequenzband 406,0–406,1 MHz zugewiesen. Trotzdem dauert es beim terrestrischen Abhören dieser Frequenzen durch Schiffe, Flugzeuge und Küstenstationen oft noch Tage, ehe eine Katastrophe bekannt wird und die oft langwierige Suche nach dem Unfallort beginnt. Terrestrische Methoden sichern zeitlich und territorial keine kontinuierliche Notrufkontrolle. Möglich hingegen ist diese flächendeckend mit Satelliten.

## Entwicklung des Systems

Bereits in den 60er Jahren wurden satellitengestützte Such- und Rettungssysteme diskutiert. Zwangsläufig bestand das größte Interesse in solchen Ländern, die große Einzugsgebiete für „Such- und Rettungsterritorien“ haben, wie die UdSSR, USA und Kanada.

1975/76 führte das kanadische Department of Communications (DOC) unter Beteiligung der NASA erste Experimente zur Schaffung eines solchen, SARSAT (Search and Rescue Satellite) genannten Systems durch, wofür der Amateurfunksatellit OSCAR 6 genutzt wurde. Den Experimenten schloß sich 1977 Frankreich an, vertreten durch seine nationale Weltraumbehörde CNES. Gleichzeitig liefen Verhandlungen mit der UdSSR mit dem Ziel einer Zusammenarbeit bei der Entwicklung des Systems SARSAT und des gleichartigen sowjetischen Systems KOSPAS (Kosmitscheskaja Sistema Poiska Awarjanych Sudow i Samoletow). Am 18. 3. 1977 entstand hierzu ein Protokoll und am 29. 11. 1979 ein Vertrag der vier Partner. Obwohl die USA die vereinbarten Leistungsanteile nicht oder nur zögernd einbrachten, konnte am 12. 4. 1982 der Beschluß über die experimentelle Inbetriebnahme erfolgen. Die sowjetische Systemkomponente KOSPAS wurde im Juli 1982 mit KOSMOS 1383 (Start 30. 6. 1982) in Betrieb genommen. Bereits im September verbuchte er seine erste, international viel beachtete Rettungshilfe, als er die 3 Insassen einer verschollenen CESSNA 172 in British Columbia aufspürte. Die gemeinsamen Experimente der vier Partner begannen 1983 und dauerten 15 Monate bis Oktober 1984. Im gleichen Monat wurde ein Abkommen unterzeichnet, das die weitere Entwicklung des Systems und seinen Ausbau bis 1990 sichert. Die Motivation hierfür erbrachte das System durch seine Erfolge selbst, denn bis Mitte 1986 trug es bereits zur Rettung von mehr als 650 Menschenleben bei.



Komet Halley, aufgenommen im Observatorium von Boyeros (Cuba), März 1986 im Focus des 60 cm-Spiegels,  $f = 10$  m, Durchmesser des Gesichtsfeldes  $30'$ . – Koordinaten des Observatoriums:  $22^\circ$  N,  $82^\circ 2'$  W.



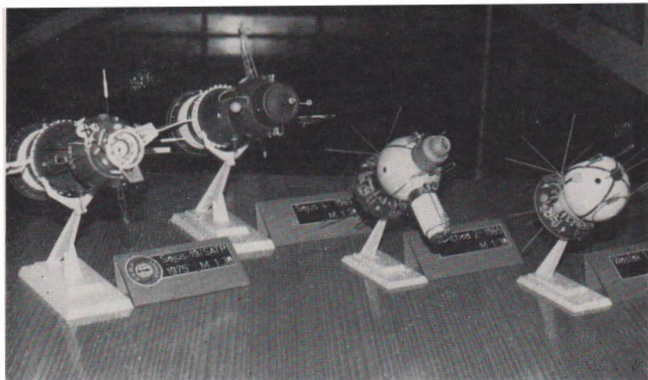
### Astrotimer

Zu unserem Beitrag S. 90: Gesamtansicht. Deutlich erkennt man in der Okularsteckhülse die leuchtenden LEDs. Die Gestaltung des Gehäuses kann je nach ästhetischem Empfinden variiert werden, so daß auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet werden kann.



### Sternwarte ohne Kuppel

Die fertige Eigenbau-Sternwarte in Comthurey.  
Zum Beitrag S. 88.  
(Foto: K. Guhl)



## 8. Tag der Raumfahrt in Neubrandenburg

Im Foyer des Tagungsgebäudes war die traditionelle Ausstellung der Kulturbundfachgruppen Astronomie und Raumfahrt, Philatelie (BAK Kosmos) und Numismatik zu sehen.

Erstmals zeigten das Heinrich-Hertz-Institut und das Institut für Kosmosforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR Bilder von der Venus- und Halleyforschung (VEGA-Sonden). Ebenso stellte die Max-Planck-Gesellschaft (BRD) Kometenfotos der GIOTTO-Sonde zur Verfügung. Unsere Bilder zeigen einen Teil der Modellsammlung von Raumflugkörpern, die von Dietmar Röttler (Frankfurt/O.) originalgetreu nachgebaut sind und in der Ausstellung zu sehen waren.

(Fotos: W. Fredrich)







Komet Halley, aufgenommen am 10. 1. 1986 von Dr. Kurt Birkle mit dem Schmidt-Teleskop des Calar Alto Observatoriums in Südspanien, der Außenstelle des Max-Planck-Instituts für Astronomie, Heidelberg.  
(Foto: MPI für Astronomie)

## Funktion und Wirkungsschema

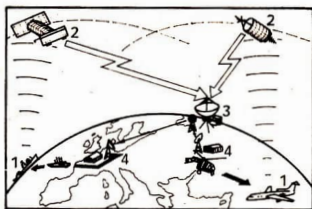
KOSPAS-SARSAT besteht aus den zwei Teilsystemen KOSPAS und SARSAT, die gleichartig und kompatibel sind und sowohl unabhängig voneinander als auch im Zusammenwirken arbeiten können. Die Zusammenführung beider Systeme entstand aus dem Wunsch der Partner zur Zusammenarbeit auf diesem Gebiet friedlicher Weltraumnutzung.

Das Prinzip des Systems ist relativ einfach. Durch mehrere, vorzugsweise polar umlaufende Satelliten wird die Erdoberfläche nach auftretenden Standard-Notruffrequenzen abgehört. Auftretende Signale werden an spezielle Erdefunkstellen weitergeleitet, wo die Ortung der Unglücksstelle erfolgt und die Einleitung von Rettungsmaßnahmen ausgelöst wird. Das System arbeitet nach dem Prinzip der Fremdpeilung, d. h. das zu ortende Objekt ist der funkttechnisch aktive Teil. Basis der Ortung bildet der Dopplereffekt, wobei bei 121,5 MHz eine Genauigkeit von ca. 20 km, bei 406 MHz eine solche von ca. 2 km erreicht wird. Auf der Frequenz von 406 MHz werden außerdem codierte Informationen über Art des Unglücks, Heimatland des Verunglückten u. a. übermittelt. Befindet sich der Satellit im Funkhorizont einer Erdefunkstelle, erfolgt eine sofortige Signalweiterleitung. Anderenfalls werden die Signale an Bord gespeichert und zeitverzögert abgegeben.

Das KOSPAS-SARSAT-System umfaßt drei Segmente:

1. Die Notruffaken bei den Nutzern
2. Die Satelliten (ihrem Charakter nach Funk-Relaisatelliten)
3. Die Erdefunkstellen

Die Funkbaken befinden sich in kleinen kugel-, zylinder- oder kegelförmigen, wasserdichten Gehäusen. Typische Werte sind etwa 3 kg Masse, Betriebsdauer etwa 48–50 Stunden, Betriebstemperaturbereich  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+55^{\circ}\text{C}$ . Als wesentlichste Komponenten enthalten sie den oder die Sender, die Stromversorgung sowie Hilfsgeräte, wie Einschalter für alternierenden Betrieb verschiedener Frequenzen. Die Auslösung



Wirkungsschema des KOSPAS-SARSAT-Systems.

erfolgt manuell und automatisch, z. B. durch Aufprallerschütterungen oder Wasserkontakt. Die Sendeleistungen liegen bei 250–500 mW.

Das Satelliten-Segment umfaßt derzeit 4–5 Satelliten, im Endausbau sind 8 Satelliten vorgesehen. Es handelt sich dabei um Mehrzwecksatelliten, die mit für das System notwendigen Nutzlastkomponenten (Empfänger, Sender) ausgestattet sind. In der UdSSR werden hierfür KOSMOS-Satelliten, in den USA NOAA-Satelliten genutzt (siehe Tab. 1). Sie orbitieren in etwa 1000 km hohen Polarbahnen. International sind teils unterschiedliche Bezeichnungen üblich, deren Zuordnung Tab. 2 angibt.

Die sowjetischen KOSMOS-Satelliten sind zylinderförmig mit 1,3 m Durchmesser und 1,9 m Höhe. Die Umlaufmasse beträgt rund 700 kg. Sie sind in der Lage, gleichzeitig die Signale von 20 Notrufbojen zu verarbeiten. Von 100 Bojen können Signale gespeichert werden. Erfäßt wird pro Umlauf ein Erdstreifen von etwa 5400 km Breite (zum Vergleich: Suchflugzeuge in 1000 m Höhe erfassen einen Umkreis von etwa 100 km).

Das Bodensegment umfaßt derzeit 9 Erdefunkstellen mit folgender Verteilung

|            |   |
|------------|---|
| UdSSR      | 3 |
| USA        | 3 |
| Kanada     | 1 |
| Frankreich | 1 |
| Norwegen   | 1 |

Sie sind mit den entsprechenden Rettungs-

| Name        | Start      | Astronom.<br>Bezeichn. | Bahndaten (BOL)  |                 | Inklin.<br>(°) | Umlaufzeit<br>(Min.) |
|-------------|------------|------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------------|
|             |            |                        | Perigäum<br>(km) | Apogäum<br>(km) |                |                      |
| KOSMOS 1383 | 30. 06. 82 | 1982-06 A              | 1004             | 1041            | 83             | 105,4                |
| KOSMOS 1447 | 24. 03. 83 | 1983-21 A              | 975              | 1050            | 83             | 104,9                |
| NOAA 8      | 28. 03. 83 | 1983-22 A              | 806              | 829             | 99             | 101,2                |
| KOSMOS 1574 | 21. 06. 84 | 1984-02 A              | 985              | 1021            | 83             | 105,0                |
| NOAA 9      | 12. 12. 84 | 1984-123 A             | 844              | 865             | 99             | 102,1                |
| NOAA 10     | 17. 09. 86 | 1986-73 A              | 808              | 826             | 99             | 101,3                |

Table 1: Start- und Bahndaten der bisher im System KOSPAS-SARSAT eingesetzten Satelliten

|                 |          |             |            |
|-----------------|----------|-------------|------------|
| KOSPAS-SARSAT 1 | KOSPAS 1 | KOSMOS 1383 | 1983-06 A  |
| KOSPAS-SARSAT 2 | KOSPAS 2 | KOSMOS 1447 | 1983-21 A  |
| KOSPAS-SARSAT 3 | SARSAT 1 | NOAA 8      | 1983-22 A  |
| KOSPAS-SARSAT 4 | KOSPAS 3 | KOSMOS 1574 | 1984-02 A  |
| KOSPAS-SARSAT 5 | SARSAT 2 | NOAA 9      | 1984-123 A |
| KOSPAS-SARSAT 6 | SARSAT 3 | NOAA 10     | 1986-      |

**Tabelle 2:** Zuordnung unterschiedlicher Bezeichnungen der Satelliten des Systems KOSPAS-SARSAT

institutionen verbunden. Die Verteilung bilanziert den Wirkungsbereich des Systems, der im wesentlichen auf die Nordhalbkugel beschränkt ist. Eine Ausdehnung auf die Südhalbkugel setzt hier die Errichtung entsprechender Erdfunkstellen voraus. Geplant ist die Errichtung einer Erdfunkstelle in Argentinien. Auch eine geplante bulgarische Anlage würde die südliche Wirkungssphäre erweitern.

## Wertung und Weiterentwicklung

Der bisherige rund fünfjährige Betrieb des KOSPAS-SARSAT-Systems hat seine Nützlichkeit und Leistungsfähigkeit erwiesen. Ökonomische Vergleiche und Betrachtungen erscheinen in Anbetracht von mehr als 650 geretteten Menschenleben ethisch-moralisch überflüssig. Die durchschnittliche Erfolgsquote des

Systems liegt bei 85–90 %. Die Vorteile der Frequenz von 406 MHz gegenüber den bisherigen, für terrestrische Such- und Rettungssysteme zugewiesenen ist offenkundig. Die Umstellung wird deshalb zielstrebig fortgeführt. Für die künftige Entwicklung stehen derzeit Überlegungen und Varianten unterschiedlicher Zielstellung zur Diskussion.

So wird die Nutzung geostationärer Satelliten erwogen. KOSPAS-SARSAT wird ferner in Betrachtungen einbezogen, die auf die Schaffung eines einheitlichen Systems der Satellitennutzung für Funkverbindungen, Navigation und Such- und Rettungszwecke im mobilen Bereich hinzielen.

KOSPAS-SARSAT ist heute eines der Beispiele vorbildlicher internationaler Raumfahrtkooperation im Dienst menschlichen Lebens und gesellschaftlichen Fortschritts – es wird es bleiben.

## Beobachtungen optischer Blitze am Himmel – das Äquivalent kosmischer Gammastrahlen-Ausbrüche?

DANIEL FISCHER

Herrn Dr. Flohrer vom Institut für Kosmosforschung ist für seinen außergewöhnlichen Beobachtungsaufwurf in *Astronomie und Raumfahrt* 2/1986, S. 42–45 zu danken. Doch der aufschlußreiche Übersichtsartikel enthielt keinen Hinweis darauf, daß schon seit 1985 von Amateurastronomen gezielt nach Himmelsobjekten Ausschau gehalten wird, von denen man zumindest einige Zeit vermutet hat, daß es die gesuchten optischen Ausbrüche von Gamma-Burstern sein könnten. Doch die Materie ist kontroverser, als es bei oberflächlicher Lektüre der wenigen Originalartikel in der angelsächsischen Amateurpresse scheinen könnte. So kann der folgende Überblick nur die Fakten nennen, und das auch nur in dem Maße, wie sie mir zugänglich gemacht wurden. Einer abschließenden Wertung muß ich mich enthalten, doch die Entdeckung, von der zu berichten ist, könnte zu bedeutend sein, um sie einfach zu ignorieren.

Im Februar 1985 veröffentlichte die Zeitschrift *Sky & Telescope* einen kurzen Artikel über „den Fall des Aries-Flashers“ [1]. Recht zurückhal-

tend wurde über ungewöhnliche Beobachtungen einer Gruppe kanadischer Meteorbeobachter von der North York Astronomical Association berichtet: seit Juli 1984 hatten sie 13mal Lichtblitze aus einer Himmelsregion nordwestlich der Plejaden wahrgenommen, zu verschiedenen Nachtzeiten und von Orten aus, die über 3000 km auseinanderlagen. Ein „Ereignis“ wurde gleichzeitig von zwei 8 km entfernten Plätzen aus beobachtet.

Normalerweise hätten die erfahrenen Meteorjäger diese Wahrnehmungen entweder als Meteore direkt von vorne („head on“) oder Reflexionen an Satelliten abgehakt. Doch im September 1984 waren sie stutzig geworden und hatten eine systematische Überwachung begonnen. Nach weiteren Blitzen zwischen 0<sup>m</sup> und 3<sup>m</sup> in derselben Himmelsregion entschied man sich zögernd, einen Beobachtungsaufwurf für diesen „Aries-Flasher“ zu veröffentlichen. Schon damals wurde über einen Zusammenhang mit den viel diskutierten Gamma-Burstern spekuliert, doch fiel die gemeldete Position mit keiner bekannten Gamma-Quelle auch nur annähernd zusammen.

Das schien sich zu ändern, als am 18. März 1985 das erste Photo des mutmaßlichen Him-

melsobjekts gelang [2] (von weiteren wurde mir nichts bekannt): der Punkt befand sich gar nicht im Aries, sondern einige Grade nördlicher im Perseus – die visuellen Positionsbestimmungen solch kurzzeitiger Ereignisse hatten enorme Fehler gehabt! Weitere visuelle Beobachtungen waren zustande gekommen, die geschätzten Helligkeiten lagen zwischen 2<sup>m</sup> und 4<sup>m</sup>, und oft wurde ein oranger Farbton erwähnt.<sup>1)</sup>

Im Oktober 1985 gaben die Kanadier einen weiteren Bericht über den „häufigen optischen Blitz“, wie sie ihn jetzt nannten [3]: Bereits 21 Erscheinungen wurden erwähnt. Die Blitze erschienen ungefähr alle vier Tage, aber zufällig verteilt. Es gab hellere von 0<sup>m</sup>, weiß oder weiß-blau und von nicht mehr als 1/6 s Dauer, und dunklere von oranger oder rötlicher Farbe von 1/2 bis 1 s Dauer. In einem weiteren Bericht [4] wird dann behauptet, daß die photographierte Position „in die Error-Box eines Gamma-Bursts fällt. Die Vela-Satelliten registrierten zwei Blitze in diesem Gebiet, in vier Tagen Abstand. Obwohl nicht genügend Daten für eine glaubwürdige Analyse vorliegen, ist es interessant festzuhalten, daß wir eine grobe 4-Tages-Periode zwischen den hellen Blitzen vermutet hatten. Die schwächeren Blitze können sich allerdings in Minuten oder Stunden wiederholen.“

Wie sich später herausstellen sollte, liegt der „Perseus-Flasher“ in gleich drei publizierten Fehlerbereichen, doch alle haben Ungenauigkeiten von  $\geq 10^\circ$ , so daß die Beweiskraft dieses Arguments für die Natur der Quellen eher bescheiden ist. Nie waren zur gleichen Zeit genug Satelliten im Einsatz, und ein einzelner Gamma-Detektor hat keine Richtungsempfindlichkeit. Doch bereits im Sommer 1985 hatte die Entdeckergruppe um Bill Katz den Fund „Ogre“ = „Optical Gamma Ray Emmitter“ getauft ...

In [4] erwähnte Katz zum ersten Mal auch weitere Ogre-Kandidaten. Einen, den die Kanadier ebenfalls mehrfach beobachtet haben wollten, hatte Jost Jahn, Mölln, BRD, zufällig am 28. 3. 1983 photographiert (s. Umschl.-S. 3). Die Position:  $14^h13^m...14^h33^m + 34^\circ28'$  (1950.0-Koordinaten). Dieses Photo ähnelt dem von Katz in verblüffender Weise: ein heller oranger Lichtpunkt zwischen Sternstrichspuren [5].

Auch der mußmäßliche Jahn-„Ogre“ soll laut Katz „in einer relativ kleinen Gamma-Ray-Burst-Fehlerbox“ liegen, wofür leider kein Zitat vorliegt.

Weitere Örter würden überwacht, heißt es in [4], unter anderem in der Nähe von Alpha Draconis. Stets waren die Blitze von der gleichen kurzen Intensität, demselben extrem raschen Anstieg und exponentiellen Abfall sowie denselben Farben wie bei dem zuerst entdeckten

Perseus-Objekt. Wie Flohrer schließen Katz et al., daß solche Ereignisse vermutlich schon von vielen gesehen worden sind, aber stets mit Meteoron verwechselt wurden. Mehrere von Katz befragte Meteorbeobachter konnten sich jedenfalls an solche Erlebnisse erinnern, die einen starken Eindruck zurückließen: die „Lichtkurven“ solcher Himmelsblitze unterscheiden sich von denen punktförmiger Meteore offenbar erheblich.

Im August 1986 erschienen endlich Beobachtungsergebnisse in wissenschaftlicher Form, die sich jedoch nur auf die „Optischen Blitze im Perseus“ bezogen [6] (so der Titel). Zwischen August 1983 und August 1985 waren demnach 25 Blitze in dem überwachten Gebiet gesehen worden, davon 21 aus einem so engen Feld, daß ein gemeinsamer Ursprung nahelag (gleichwohl streuen auch diese visuellen Positionsangaben noch um mehrere Grad in beiden Koordinaten). Rund ein dutzend weitere Beobachtungen anderer Gruppen werden mitgeteilt, von denen die meisten zufällig erfolgten, weshalb die Positionsfehler noch größer sind.

Das (eine) Photo wurde mittlerweile genauer untersucht und der Lichtpunkt als „ein echter Blitz mit stellarem Profil“ charakterisiert. Die präzise Position lautet:

$$\begin{aligned} \text{Rektaszension} &= 3^h10^m34^s \pm 15'' \\ \text{Deklination} &= +32^\circ03'27'' \pm 1' \quad (1950.0) \end{aligned}$$

Dieser Artikel war jedoch auf dem Stand von Oktober 1985.

Auf Anfrage teilte mir Bill Katz – ohne weitere Dokumentation – aktuell mit [7], seine Gruppe habe im Perseus „Blitze für bald zwei Jahre dokumentiert und aufgezeichnet und Berichte aus aller Welt erhalten, Ost und West, Nord und Süd. Das scheint zumindest die Position zu bestätigen und anzudeuten, daß das Objekt zumindest kein „lokales Phänomen“ ist ... Mehrere Ereignisse wurden gleichzeitig von zwei unabhängigen Beobachtern gesehen. Wenn Sie selbst noch keinen Blitz gesehen haben, lassen Sie mich versichern, daß die hellen Ereignisse äußerst dramatisch sind und wie kein Meteor oder Satellit aussehen, mit denen wir vertraut sind. Die schwächeren haben eine seltsam gesättigte Farbe, und beide Typen zeigen Lichtkurven, die hochenergetischen Sternausbrüchen ähneln.“ Mittlerweile seien schon sechs (!) regelmäßige Blitzquellen gefunden worden, von denen zwei jeweils rund zehnmal gesehen wurden. Ausdrücklich möchte Katz es klargestellt wissen, daß die in den USA diskutierte Erklärung als Satellitenreflexion unhaltbar sei. Im übrigen seien solche Flasher schon lange vor dem ersten Sputnik beobachtet worden, noch im 19. Jahrhundert nämlich.



Doch bei der Diskussion der aktuellen Ergebnisse in [6] stößt man auf eine völlig andere Darstellung als derjenigen, die Katz noch in [3] vertrat (und in der viel jüngeren [4] nur sehr zögernd abschwächt). Zwar schließt er Satelliten und neue Meteorschauer wie auch trügerische Effekte im menschlichen Auge aus. („Militärische Szenarios“ könne man sich gleichwohl „vorstellen“ schreibt er verblüffenderweise als Nächstes.) Doch die einst so favorisierte Hypothese, auf optische Ausbrüche von Gamma-Quellen gestoßen zu sein, war bei näheren Literaturstudien der Meteorfreunde gehörig ins Wanken geraten. Denn: Nach ihren Beobachtungen treten die „Flashes“ etwa 250mal so häufig auf, wie von der Astrophysik erwartet! Im Durchschnitt sieht man nach den kanadischen Überwachungsergebnissen etwa alle 12 Stunden ein 2<sup>m</sup> helles Ereignis (wobei allerdings keine Periodizität vorliegt) – erwartet wurden für die optischen Gamma-Eruptionen aber „Zeitskalen von Monaten“ (weitere Zitate in [6]). Das Fazit muß mithin lauten: „Da die hier berichteten Blitze in Zeitskalen von Stunden wiederkehren, kann man nicht notwendigerweise erwarten, daß sie mit Gamma-Burstern zusammenhängen.“ Es bleibt unerfindlich, weshalb die Gruppe trotzdem den Begriff des „Ogre“ in die Diskussion eingebracht hat.

Weiterhin ist es einer objektiven Bewertung hinderlich, daß so gut wie alle Beobachtungen aus dem Umfeld der einen Gruppe stammen. Die Hoffnung, die Aufrufe im aufgestarteten Sky & Telescope hätten mehr Resultate gebracht, erfüllte sich nicht: der Autor der beiden Artikel [1] und [2] teilte mir stattdessen mit [8], daß „die Existenz eines solchen Objekts (gemeint ist der Perseus-„Ogre“) noch sehr kontrovers ist. Astronomen, die Interesse an der Materie bekommen haben, warten weiter auf unabhängige Beweise, bevor sie annehmen, daß das Objekt da ist. Wir haben seit der Veröffentlichung im Juli [2] weder Bestätigungen noch weitere Photos erhalten.“ Automatische Überwachungsprogramme der mysteriösen Himmelsgegend hätten seines Wissens keinerlei greifbare Resultate erbracht. Zu diesem eklatanten Widerspruch zu seinen „häufigen Blitzen“ verweigerte Bill Katz leider jede konkrete Stellungnahme [9].

Es bleibt also offen, ob diese verwirrenden Beobachtungen bzw. Nicht-Beobachtungen in irgendeiner Weise zur Erforschung hochenergetischer Phänomene beitragen können. So kann zum Abschluß nur der Aufruf stehen: unabhängige Beobachtungen versuchen! Einige klare Nächte sollten schon genügen, den „Perseus-Flasher“ nachzuweisen, wenn die mittlere

Periode von 12 Stunden stimmt – oder einen Widerspruch zu diesem Schluß aufzuzeigen.

Nach allgemeiner Einschätzung sollte die Photographie verdächtiger Himmelsareale der sinnvollste Weg sein, dieser vielleicht exotischen Klasse veränderlicher Sterne weiter nachzuspüren und sie zu überwachen. Parallelbeobachtungen eines „Flashes“ durch mehrere Kameras und – mit viel Glück – in einem kurzwelligen Spektralbereich durch ein Orbitalobservatorium, dürften der einzige Weg sein, die Natur der Erscheinungen weiter einzukreisen, ja auch nur ihre Realität endgültig zu bestätigen. Ich danke der Redaktion, Herrn Dr. Flohrer und Herrn McRobert für wichtige kritische Anmerkungen, die eine etwas objektivere Würdigung der Katzschen Ausführungen ermöglicht haben.

LI4.: [1] A. MacRobert, Sky & Telescope 69<sup>7</sup>(1985) 2, 148–149. – [2] A. MacRobert, Sky & Telescope 70 (1985) 7, 54–55. – [3] B. Katz et al., The Astronomer 22 (1985) 10, 95–96. – [4] B. Katz, The Astronomer 22 (1986) 4, 222. – [5] J. Jahn, Privatmitteilung vom 13. 8. 1985. – [6] B. Katz et al., The Astrophysical Journal 307 (1986) L33–L37. – [7] B. Katz, Privatmitteilung vom 19. 8. 1986. – [8] A. MacRobert, Privatmitteilung vom 9. 9. 1986. – [9] B. Katz, Privatmitteilung vom 26. 9. 1986.

\*) Anm. d. Red.: In einer kurzen Leserzuschrift teilt Joshilde Kozal vom Tokyo Astronomical Observatory in Sky & Telescope 69, 196 (1985) mit, daß der bekannte Kometenjäger Minoru Honda drei seltsame „Sterne“ auf jeweils zwei simultan 1983 aufgenommenen Platten hat:

| Datum  | Autn.-<br>Zeit UT | Fleck-<br>hellig-<br>keit <i>m</i> | Position<br>(1950.0)   | Bemerkungen                                    |
|--------|-------------------|------------------------------------|------------------------|--|
| Jun 1  | 15.17—<br>15.22   | ≈7.5                               | 22°11'58"<br>+56°46'3" | nicht 3 min<br>früher<br>und 1 Woche<br>später |
| Nov 28 | 9.10—<br>9.15     | ≈7.5                               | 19°00'm9<br>0°54'      | nicht 5 min<br>später                          |
| Dez 1  | 9.54—<br>9.59     | ≈8                                 | 18°40'm3<br>+29°08'    | nicht 1 Tag<br>später                          |

## Einige Ergänzungen zu „Quellen kosmischer Gammastrahlungs-Ausbrüche“

J. FLOHRER

Als (Noch-) Nichtamateurastronom bekam ich erst verspätet nach Einreichen meines Artikels bei AuR [1] Kenntnis von möglicherweise ersten optischen Identifizierungen einer Quelle kos-

mischer Gammastrahlungs-Ausbrüche (abgekürzt GBS vom engl. „gamma-ray burst source“) durch kanadische Amateur-Meteorbeobachter [2]. Gerade als ich mich mit einer entsprechenden Ergänzung zu meinem Artikel beschäftigte, erreichte mich das Manuskript von Herrn Daniel Fischer, das in dieser Ausgabe von AuR veröffentlicht wird. Ich kann mich deshalb auf einige zusätzliche Bemerkungen beschränken, die u. a. auf bisherigen Erfahrungen der an der optischen Suche nach GBS beteiligten Wissenschaftler resultieren:

1. Darüber, ob ein auf einer Fotografie gefundener Fleck von einem weit entfernten kosmischen Objekt herrührt, kann nur durch wenigstens eine simultan an einem anderen Ort aufgenommene Fotografie entschieden werden. Im positiven Falle wäre noch die Kurzzeitigkeit des optischen Ausbruches zu prüfen (z. B. durch andere Aufnahmen aus der gleichen Nacht), um solche veränderlichen Sterne wie z. B. U Geminorum auszuschließen.

2. Die Häufigkeit der Blitze von dieser Aries- bzw. Perseus-Quelle ist völlig untypisch für GBS, paßt aber zu Quellen von Röntgenausbrüchen (sogenannte Röntgenburster). Für letztere ist aber wiederum die Blitzdauer viel zu kurz, und der optischen Helligkeit nach müßte die Quelle sehr nahe sein. Dann wäre wiederum unverständlich, wieso sie noch nicht im Röntgenbereich entdeckt wurde. Bei der großen Helligkeit der Blitze müßte ein zugehöriger GB sehr stark sein, was aber nicht beobachtet wurde.

3. Eigenartig ist, daß bei der Häufigkeit der visuell beobachteten Blitze nur eine Fotografie existiert. Genauso verwunderlich ist der Umstand, daß diese Blitze nur im Norden des amerikanischen Kontinents registriert wurden. Handelt es sich etwa um bestimmte atmosphärische Erscheinungen, was auch die großen Abweichungen in den Positionsangaben erklären würde?

Das Problem des Aries- bzw. Perseus-Flashers kann noch nicht als gelöst betrachtet werden. Um weitere Beobachtungen von ähnlichen optischen Blitzen besser abklären zu können, wäre ein zerebrales Sammeln von Daten notwendig.

Ich schlage vor, Beobachtungsergebnisse schnellstmöglich in „Astronomie und Raumfahrt“ zu publizieren. Andererseits ist meine Adresse nicht zufällig angegeben, da die dieses Thema bearbeitenden Wissenschaftler letztlich diese Informationen brauchen.

Die Überwachung von GBS besitzt ungeminderte Aktualität, was erst kürzlich auf der COSPAR-Tagung in Toulouse (Frankreich, 1986) unterstrichen wurde.

Lit.: [1] J. Flohrer, AuR 24 (1986) 42–45. – [2] A. Mac Robert, Sky & Telescope 69, 148 (1985). – A. Mac Robert, Sky & Telescope 70, 54 (1985).

## Gamma-Blitze und optische Beobachtungen

### Verfahren der Auswertung von Amateurbeobachtungen

Gammastrahlungsquellen rufen möglicherweise optische Blitze hervor, deren Zeitfolge (gegenwärtig) unbekannt ist, zu denen sich aber genährte Orte angeben lassen. Visuelle Beobachtungen solcher Blitze sind für weitere Auswertungen nur bedingt nutzbar, da die Genauigkeit der Positionsangaben i. a. nicht ausreicht. Andere Quellen lassen sich auch nur schwer ausschließen.

Fotografische Aufnahmen werden mit und ohne Nachführung in recht großer Zahl von Amateuren angefertigt. Beide Arten sind für die Suche nach Blitzen geeignet. Auf Spuraufnahmen sollten Blitze von der Größenordnung 1 s Dauer als (fast) punktförmige Objekte erscheinen und sich damit deutlich von Sternen unterscheiden. Auf nachgeführten Aufnahmen ist eine solche Erscheinung nur nach sorgfältiger Durchmusterung zu finden. In beiden Fällen muß auch geprüft werden, ob es sich um einen Film- oder Plattenfehler handeln kann (d. h. zumindest Körnung im Mikroskop beurteilen). Für eine eindeutige Aussage wären Synchronaufnahmen derselben Erscheinung von verschiedenen Orten aus sehr wichtig. Objekte in Erdnähe (Satelliten, Meteore) könnten dann ausgeschlossen werden, wenn eine Quelle auf verschiedenen Aufnahmen an der gleichen Position erscheint. Filme oder Platten, die solche Erscheinungen enthalten, sollen der weiteren Auswertung zugeführt werden. Dazu, sind die Kopien an folgende Anschriften zu senden:

— Strichspuraufnahmen — nachgeführte Aufnahmen  
AKM, Potsdam AKV, Hartha

Zu jeder Aufnahme ist unbedingt mitzuteilen: Datum, Belichtung (Beginn, Ende, alles in UT), Ort/Koordinaten, Objektivbrennweite und Öffnung, Emulsion und Verarbeitung; Beobachter und Anschrift. Alle Aufnahmen bleiben Eigentum des Beobachters und werden nach Auswertung zurückgeschickt. Über den Stand der Beobachtungen und der Auswertung wird in AuR jährlich berichtet.

Die Redaktion

## Korrektur zum Sternkalender 1987

Im „Kalender für Sternfreunde 1987“ sind die auf Seiten 85 und 87 für Merkur und Venus unter  $\varphi$  (phi) stehenden Werte von  $180^\circ$  zu subtrahieren. Der wahre Positionswinkel ist  $180^\circ - \varphi$ .

PAUL AHNERT



## für den rechnenden Sternfreund

### Interpolation

ULF LEONHARDT

Der erste Beitrag unserer Serie ist gleich ein etwas härterer Brocken. Auf Grund seiner Wichtigkeit und universellen Anwendbarkeit muß er jedoch an den Anfang gestellt werden. Das hier behandelte Problem ist jedem Sternfreund aus der Praxis bekannt. Sehr selten kann man benötigte Werte aus Ephemeriden oder beliebigen anderen Tabellen direkt entnehmen. Vielmehr braucht man häufiger Zwischenwerte und hat dann Schwierigkeiten mit deren genauer Ermittlung. Um Verfahren zum Auffinden von Zwischenwerten, genannt Interpolation, geht es in diesem Artikel. Das Prinzip der Interpolation ist einfach: Durch bereits vorhandene Tabellenwerte, genannt Stützstellen, legt man eine einfache Funktion, gewissermaßen also eine Kurve, die sich dem wahren Verlauf möglichst gut anpassen soll. Dann ist es leicht, jeden beliebigen Zwischenwert mit guter Genauigkeit zu errechnen. Darüberhinaus wird auch gezeigt, wie man Tabellen rechnerisch Extrema (Maxima oder Minima) und Nulldurchgänge entnehmen kann. All das wird für zwei Fälle vorgeführt. Zuerst erfolgt die Vorstellung eines Verfahrens für drei Stützstellen, das man in der Praxis am häufigsten einsetzen wird. Für erhöhte Ansprüche ist die Methode mit fünf Stützstellen gedacht. Es lohnt sich, diesen Artikel gut durchzuarbeiten und ihn ständig in Reichweite zu haben. Nach und nach wird man dann erkennen, welche Menge von Informationen man damit noch z. B. aus astronomischen Jahrbüchern entnehmen kann.

### Interpolationspolynom mit drei Stützstellen

Gegeben seien drei Tabellenwerte  $y_1, y_2, y_3$  zu den Argumenten  $x_1, x_2, x_3$ . Die Argumente sollen äquidistant sein, d. h. sie sollen sich jeweils um einen konstanten Betrag  $a$  unterscheiden.

$$x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = a \quad (2.1.)$$

$x$  sei das Argument des Zwischenwertes, den man berechnen möchte. Es soll möglichst in der Nähe von  $x_2$  liegen, da hier die Genauigkeit des Verfahrens am größten ist. Man ermittle

$$\xi = \frac{x - x_2}{a} \quad (2.2.)$$

Die Koeffizienten des Interpolationspolynoms berechne man nach

$$\alpha = \frac{y_3 - y_2 + y_1}{2}, \quad \beta = \frac{y_3 - y_1}{2}, \quad \gamma = y_2 \quad (2.3.)$$

und den gewünschten Zwischenwert durch

$$y = \alpha \xi^2 + \beta \xi + \gamma = (\alpha \xi + \beta) \xi + \gamma. \quad (2.4.)$$

**Beispiel:** Man berechne die Rektaszension  $\alpha$  der Sonne am 19. 5. 1985,  $22^h 10^m 3^s$  UT, wenn folgende Werte bekannt sind:

| Datum              | $\alpha$                                    |
|--------------------|---|
| 19. 5. $0^h = x_1$ | $3^h 42^m 49.3^s = 3.71369 \text{ h} = y_1$ |
| 20. 5. $0^h = x_2$ | $3^h 46^m 48.9^s = 3.78025 \text{ h} = y_2$ |
| 21. 5. $0^h = x_3$ | $3^h 50^m 49.0^s = 3.84694 \text{ h} = y_3$ |

$$a = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = 24 \text{ h}$$

Zur Ermittlung von  $\xi$  müssen  $x_3 = 20.5. 0^h$  und  $x = 19.5. 22^h 10^m 3^s = 19.5. 22^h 17^m$  erst auf dasselbe Datum umgerechnet werden. Man verwendet daher ein  $x_3 = 19.5. 24^h$  und erhält

$$\xi = \frac{22.175 - 24}{24} = -0.07604$$

Die Koeffizienten sind

$$\alpha = 0.00007, \quad \beta = 0.06663, \quad \gamma = 3.78025$$

und die gesuchte Rektaszension ist

$$y = 3.77518 \text{ h} = 3^h 46^m 31^s \text{ UT}$$

Der wirkliche Wert:  $3^h 46^m 30.7^s \text{ UT}$ .

Einen Extremwert findet man an der Stelle

$$x^* = -a \frac{\beta}{2\alpha} \quad (2.5.)$$

Er beträgt

$$y^* = \gamma - \frac{\beta^2}{4\alpha} \quad (2.6.)$$

**Beispiel:** Man bestimme den Zeitpunkt des Sommeranfanges 1985 (d. h.  $\delta_{\odot}$  ist maximal)

| Datum                   | $\delta_{\odot}$                  |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 22. 6. $0^h \text{ ET}$ | $23^{\circ} 26' 08'' = 23.943556$ |
| 21. 6. $0^h \text{ ET}$ | $23^{\circ} 26' 32'' = 23.944222$ |
| 22. 6. $0^h \text{ ET}$ | $23^{\circ} 26' 31'' = 23.944194$ |

$$a = 24 \text{ h}$$

$$\alpha = -0.00347, \quad \beta = 0.00319, \quad \gamma = 23.44222$$

$$x^* = 11.03 \text{ h} = 11^h 02^m \text{ ET}$$

$$y^* = 23^{\circ} 44' 29.6'' = 23.742^{\circ}$$

Der wahre Wert von  $x$  ist  $10^h 45^m 1 \text{ ET}$ . Die große Abweichung vom berechneten Wert erklärt sich daraus, daß die  $y_1, y_2, y_3$  sich nur wenig voneinander unterscheiden und somit das Extremum nicht genügend scharf bestimmt ist.

Ein Nulldurchgang läßt sich nach

$$x = a \left( -\frac{\beta}{2\alpha} + \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\gamma}{\alpha}} \right) \quad \text{falls } \alpha \cdot y_1 < 0 \quad (2.7.)$$

$$x = a \left( -\frac{\beta}{2\alpha} - \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\gamma}{\alpha}} \right) \quad \text{falls } \alpha \cdot y_1 > 0 \quad (2.8.)$$

berechnen. Man beachte, daß dabei  $y_1$  und  $y_2$  verschiedenen Vorzeichens sein müssen.

**Beispiel:** Gefragt ist der Zeitpunkt des Herbstanfanges 1985 ( $\delta_{\odot} = 0$ )

| Datum                    | $\delta_{\odot}$                      |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 22. 9. 0 <sup>h</sup> ET | $0^{\circ}25'26'' = 0^{\circ}42389$   |
| 23. 9. 0 <sup>h</sup> ET | $0^{\circ}02'05'' = 0^{\circ}03472$   |
| 24. 9. 0 <sup>h</sup> ET | $-0^{\circ}21'17'' = -0^{\circ}35472$ |

$$a = 24 \text{ h}$$

$$\alpha = -0.00014, \quad \beta = -0.38931, \quad \gamma = 0.03472$$

$$a \cdot y_1 < 0, \text{ also ist nach (2.7.)}$$

$$x = a \left( -\frac{\beta}{2\alpha} + \sqrt{\left(\frac{\beta}{2\alpha}\right)^2 - \frac{\gamma}{\alpha}} \right) = 2^{\text{h}}1405 = 2^{\text{h}}08^{\text{m}} \text{ ET.}$$

Das stimmt mit dem wirklichen Wert überein.

## Interpolationspolynom mit fünf Stützstellen

Mitunter sind drei Tabellenwerte nicht ausreichend, um mit genügender Genauigkeit interpolieren zu können. Man muß dann eine höhere Anzahl verwenden.

In diesem Abschnitt wird gezeigt, wie aus fünf Tabellenwerten ein Interpolationspolynom gebildet werden kann. Die Werte seien  $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5$  zu den äquidistanten Argumenten  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ , d. h.

$$x_5 - x_4 = x_4 - x_3 = x_3 - x_2 = x_2 - x_1 = a \quad (3.1.)$$

Gebildet wird ein Differenzenschema

|       |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|
| $y_1$ | A |   |   |   |
| $y_2$ | B | E |   |   |
| $y_3$ | C | F | H |   |
| $y_4$ | D | G | J | K |
| $y_5$ |   |   |   |   |

wobei

$$\begin{aligned} A &= y_2 - y_1 & E &= B - A & H &= F - E \\ B &= y_3 - y_2 & F &= C - B & J &= G - F \\ C &= y_4 - y_3 & G &= D - C & & \\ D &= y_5 - y_4 & & & K &= J - H \end{aligned}$$

$$(3.2.)$$

Dann werden mit

$$\alpha = \frac{K}{24}, \quad \beta = \frac{H+J}{12}, \quad \gamma = \frac{F}{2} - \alpha, \quad (3.3.)$$

$$\delta = \frac{B+C}{2} - \beta, \quad \epsilon = y_3$$

die Koeffizienten des Interpolationspolynoms berechnet. Um einen Zwischenwert an der Stelle  $x$  auszurechnen, ermittelt man analog zu (2.2) ein

$$\xi = \frac{x - x_2}{a} \quad (3.4.)$$

und

$$y = \alpha \xi^4 + \beta \xi^3 + \gamma \xi^2 + \delta \xi + \epsilon \quad (3.5.)$$

ist der gesuchte Zwischenwert.

Wie schon bei Interpolationspolynomen mit drei Stützstellen soll  $x$  möglichst in der Nähe des mittleren Arguments, also nahe  $x_3$  sein.

**Beispiel:** Man möchte die Rektaszension des Merkurs am 26. 8. 05<sup>h</sup> 0 UT berechnen und hat folgende Werte zur Verfügung:

| Datum                    | $\alpha$   |
|--------------------------|--|
| 12. 8. 0 <sup>h</sup> UT | $9^{\text{h}}13^{\text{m}}5 = 9^{\text{h}}22500$ |
| 20. 8. 0 <sup>h</sup> UT | $8^{\text{h}}59^{\text{m}}6 = 8.99333$           |
| 28. 8. 0 <sup>h</sup> UT | $9^{\text{h}}14^{\text{m}}8 = 9.24667$           |
| 5. 9. 0 <sup>h</sup> UT  | $9^{\text{h}}58^{\text{m}}2 = 9.97000$           |
| 13. 9. 0 <sup>h</sup> UT | $10^{\text{h}}54^{\text{m}}0 = 10.90000$         |

$$a = 8 \text{ d}$$

$$\begin{aligned} A &= -0.23167 & E &= 0.48500 & H &= -0.01500 \\ B &= 0.25334 & F &= 0.46999 & J &= -0.26333 \\ C &= 0.72333 & G &= 0.20667 & K &= -0.24833 \\ D &= 0.93000 & & & & \end{aligned}$$

Daß zur Interpolation fünf Tabellenwerte notwendig werden, erkennt man daran, daß die  $H, J$  und  $K$  innerhalb einer vorgegebenen Genauigkeit (z. B. drei oder vier Stellen nach dem Komma) nicht gleich Null sind.

$$\begin{aligned} \alpha &= -0.01035 \\ \beta &= -0.02319 \\ \gamma &= 0.24535 \\ \delta &= 0.51153 \\ \epsilon &= 9.24667 \end{aligned}$$

$$y = 9.13444 = 9^{\text{h}}08^{\text{m}} \text{ UT.}$$

Die wirkliche Rektaszension hat den gleichen Wert. Um Extremum bzw. Nullstelle berechnen zu können, müssen die Gleichungen

$$x^* = \frac{4ax^3 + 3\beta x^2 + \delta}{-2\gamma} = \frac{(4ax^3 + 3\beta)x^2 + \delta}{-2\gamma} \quad (3.6.)$$

bzw.

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{\alpha x_0^4 + \beta x_0^3 + \gamma x_0^2 + \epsilon}{-\delta} \\ &= \frac{((\alpha x_0 + \beta)x_0 + \gamma)x_0^2 + \epsilon}{-\delta} \quad (3.7.) \end{aligned}$$

gelöst werden. Das geschieht, indem zuerst

$$x^* = -\frac{\delta}{2\gamma} \quad (3.8.)$$

bzw.

$$x_0 = -\frac{\epsilon}{\delta} \quad (3.9.)$$

in die jeweilige rechte Seite eingesetzt wird. Der berechnete Wert wird wiederum eingesetzt und das solange fortgesetzt, bis sich dieser nur noch innerhalb einer festgelegten Genauigkeit ändert. (Einen solchen Vorgang nennt man „Iterationsverfahren“ – „iterate“ lateinisch „wiederholen“). Das Ergebnis wird dann mit  $a$  multipliziert. Man beachte, daß zur Berechnung des Extremums die Tabellenwerte bei  $y_3$  extremal werden sollen und daß zur Ermittlung der Nullstelle zwischen  $y_2$  und  $y_4$  das Vorzeichen wechseln soll.

**Beispiel:** Man bestimme den Zeitpunkt des Neumondes im Juli 1985 ( $i_{\odot} = i_{\text{M}}$ ), wenn folgendes bekannt ist:

| Datum                    | $i_{\odot}$        | $i_{\text{M}}$   |
|--------------------------|--------------------|------------------|
| 16. 7. 0 <sup>h</sup> ET | $113^{\circ}25'12$ | $89^{\circ}31'$  |
| 17. 7. 0 <sup>h</sup> ET | $114^{\circ}22'12$ | $102^{\circ}17'$ |
| 18. 7. 0 <sup>h</sup> ET | $115^{\circ}10'15$ | $115^{\circ}21'$ |
| 19. 7. 0 <sup>h</sup> ET | $116^{\circ}17'10$ | $128^{\circ}41'$ |
| 20. 7. 0 <sup>h</sup> ET | $117^{\circ}14'13$ | $142^{\circ}10'$ |



$$y = \lambda \odot \dots \lambda \zeta$$

|        |                   |           |   |           |   |           |
|--------|-------------------|-----------|---|-----------|---|-----------|
| 16. 7. | 0 <sup>h</sup> ET | 113.42900 | — | 89.51667  | = | 23.90333  |
| 17. 7. | 0 <sup>h</sup> ET | 114.37000 | — | 102.28333 | = | 12.08667  |
| 18. 7. | 0 <sup>h</sup> ET | 115.32500 | — | 115.35000 | = | -0.02500  |
| 19. 7. | 0 <sup>h</sup> ET | 116.28333 | — | 128.08333 | = | -12.40000 |
| 20. 7. | 0 <sup>h</sup> ET | 117.23833 | — | 142.26667 | = | -25.02834 |

|          |              |           |
|----------|--------------|-----------|
| a = 24 h | $\alpha =$   | -0.00090  |
|          | $\beta =$    | 0.00347   |
|          | $\gamma =$   | -0.13076  |
|          | $\delta =$   | -12.24681 |
|          | $\epsilon =$ | -0.02500  |

—  $\frac{\epsilon}{\delta} = -0.0020413$  in (3.7.) eingesetzt gibt

— 0.0020414, das wiederum eingesetzt, gibt — 0.0020414.

Der Wert ändert sich nicht mehr innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit (sieben Kommastellen). Er bedeutet mit a multipliziert

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| $\alpha_0 = 18.7.$ | $-0^h 04^m 00^s$                |
| $\alpha_0 = 17.7.$ | $23^h 05^m 10^s = 23^h 57^m$ ET |

als den Zeitpunkt des Neumondes im Juli 1985.

## Bemerkungen und Hinweise

### Hinweise:

I. Interpolationen können mit Daten, die z. B. in Grad, Minuten und Sekunden ausgedrückt sind, nicht direkt vorgenommen werden. Deshalb muß man diese vor der Rechnung ins Dezimale konvertieren, z. B.  $8^{\circ}32'47''$  in  $8.54633$  oder  $512/792$  oder  $30767/55$ .

II. Man beachte auch, daß Zeit- oder Rektaszensionsangaben wieder mit 0<sup>h</sup> beginnen, wenn 24<sup>h</sup> überschritten werden. Es ist dann günstiger, Werte wie

$$0^h 01^m 10^s \text{ in } 24^h 01^m 10^s$$

umzuwandeln. Das gleiche trifft auf Gradangaben zu, wenn 360° überschritten werden.

### Bemerkungen zur Genauigkeit

Man sollte keine unrealistischen Erwartungen an die Genauigkeit der interpolierten Werte stellen. Der Fehler ist gering, wenn die Tabellenwerte sich nur wenig ändern oder ungefähr linear sind.

Bei interpolierten Extrema oder Nulldurchgängen muß man erfahrungsgemäß damit rechnen, daß der Fehler um eine Größenordnung steigt. Im Gegensatz zu interpolierten Zwischenwerten ist er hier besonders hoch, wenn sich die Tabellenwerte nur gering ändern (s. Beispiel zu (2.5.)).

Am besten nähert das Interpolationspolynom den wirklichen Verlauf in der Nähe der Tabellenwerte und das dann besonders nahe dem mittleren Wert.

Interpolationspolynome mit gleichen Tabellenwerten sind gleich.

Lit.: Jean Meeus: *Astronomical Formulae for Calculators*. Richmond/Virg. 1982. — I. N. Bronstein, K. A. Semdajew: *Taschenbuch der Mathematik*. Leipzig 1981. — I. S. Beresin, N. P. Shidkov: *Numerische Methoden*. Berlin 1970. — P. Ahnert: *Kalender für Sternfreunde* 1985. Leipzig 1984.

## Sternwartenbau ohne Kuppel

KONRAD GUHL

Unter den Sternfreunden gibt es aktive Beobachter, die mit kleinen und mittleren transportablen Instrumenten wertvolle amateurastronomische Arbeit leisten. Diese Beobachter sind das beste Beispiel für den Spruch „Jedes Fernrohr hat seinen Himmel“. Bei vielen Amateuren wird jedoch früher oder später der Wunsch nach einem größeren, fest aufgestellten Instrument mit Schutzbau wach. Dieser wird oft auch als Aufenthaltsraum für den Beobachter und als Astro-Hobby-Raum gewünscht. Leider ist in der jüngeren Vergangenheit keine zusammenfassende Darstellung aller möglichen Varianten von Fernrohrschutzbauten erschienen. Es ist aber festzustellen, daß infolge unterschiedlicher Voraussetzungen beim Bau einer Kuppel oder eines alternativen Schutzbaus und durch den Einfallsreichtum der Erbauer eine Vielzahl von Varianten existiert. Sicher gibt es keine „Standard-Amateursternwarte“; schon allein die unterschiedlichen Auffassungen von Zweck, Schönheit und vertretbarem Aufwand eines solchen Hobbybauwerkes verhindern dies.

Eine Kuppel stellt nicht nur den traditionellen Fernrohrschutzbau dar, sie besitzt auch große Zweckmäßigkeit. Jedoch scheint oft vorrangig die Tradition der Fernrohrkuppel der Grund für den Bau einer solchen zu sein. Dazu sei bemerkt, daß in jüngster Zeit verschiedene Groß- und Spezialinstrumente in aller Welt nicht unter Kuppeln aufgestellt wurden. Erfahrene Amateure, die den Bau einer Kuppel gewagt haben, beschreiben den großen Aufwand an Zeit, Material und Arbeit beim Bau des zünftigen Fernrohrschutzbauwerks. Hier sei auf die Arbeit von D. Stachowski und P. Wolff [1] verwiesen. Mit einer exakten Bauleitung, mit Zeichnungen und Materialaufstellung sowie Hinweisen zum Bau von Kuppeln verschiedener Ausmaße läßt die Publikation einen ahnen, wieviel Aufwand und Mühen und letztlich Zeit zum Errichten eines solchen Bauwerkes benötigt werden. Gerade hier liegt die große Gefahr beim Bau einer Astrokuppel, da oft der eigentliche Inhalt des Hobbys Amateurastronomie, das Beobachten, in Vergessenheit zu geraten droht und der einstige Amateurastronom oft jahrelang Kuppel- und vielleicht auch Instrumentenbauer ist. Hier vertauschen sich Inhalt und Zuarbeit. Es sei nicht bestritten, daß der Bau einer Astrokuppel ein großes Erfolgserlebnis für den oder die Erbauer darstellt, jedoch gilt dies auch für andere Bauten. Im folgenden soll eine mögliche Variante für einen Fernrohrschutzbau beschrieben werden, die einen Kompromiß zwischen vertretbarem Aufwand und gewünschtem Nutzen darstellt. Sie wurde beim Bau der Sternwarte Comthurey (Kreis Neustrelitz) 1979/80 in die Praxis umgesetzt. Allgemein wurde von folgenden Grundsätzen ausgegangen:

- Erhöhter Beobachtungsstandort zur Horizontverbesserung
- Schlaf- und Vorbereitungsraum für ein bis zwei Beobachter
- Günstige Nutzung der gegebenen Grundfläche
- Möglichkeit der Bewältigung aller anfallenden Arbeiten durch handwerklich fähige Laien
- Materialkosten bis 1500 M (bei Nutzung von Abfallmaterial)
- Bauzeit unter einem Jahr
- Große Stabilität des Gebäudes bei geringem Materialeinsatz

Die genaue Formulierung der Anforderungen an das Bauwerk, deren Diskussion mit erfahrenen Amateuren und Baufachleuten, die richtige Einschätzung der vorhandenen Kapazitäten sowie eine korrekte und optimale



Abb. 1: Vorderansicht und Schnittdarstellung.

Baubauabplanung sind der erste Schritt zum Gelingen des Vorhabens. Beim Bau in Comthurey wurden diese Vorarbeiten im Winterhalbjahr '78/79 ausgeführt. Mehrere Varianten wurden diskutiert und folgende Variante für optimal befunden:

Ein zweigeschossiges Bauwerk, bestehend aus Arbeits- und Aufenthaltsraum mit Schlafmöglichkeit im Untergeschoß und Beobachtungsraum im Obergeschoß. Der Grundriß des Untergeschoßes ist quadratisch, der des Obergeschoßes achteckig. Das drehbare Dach besteht aus ebenen Flächen, mit zweiteiliger großer Öffnung zum Beobachten und ist nicht rotationssymmetrisch. Der Bau des Untergeschoßes erfolgte als Ziegelmauerwerk, der des Obergeschoßes als Holzfachwerk (vgl. Abb.).

## Ausführung ausgewählter Bauabschnitte

### Das Fundament

Das Fundament erfüllt die Funktion, das Bauwerk starr mit dem Erdreich zu verbinden. Wichtig ist seine ausreichende Tiefe. Sie hängt wesentlich von der Bodenbeschaffenheit des Baugrundes ab. Weit verbreitet ist beim Bau kleinerer Gebäude das Streifenfundament, ein mit Beton gefüllter Fundamentgraben. Eine wesentliche Einsparung an Material und Arbeitszeit stellt ein Pfahlfundament dar. Bei dieser Variante werden in Abständen von 1–2 m vorgefertigte Betonstützen mit Betonfußplatte oder monolithische, pyramidentumpfförmige Betonsteile von ausreichender Länge (Tiefe des frostfreien Erdreiches) in das Erdreich gesetzt und nur außerhalb des Erdreiches mit einer Betonschwelle verbunden. Dabei erhöht eine Bewehrung durch Stahlstäbe die Stabilität wesentlich.

### Betonverstärktes Mauerwerk mit Ringanker

Durch die begrenzte Menge an Ziegeln und die angestrebte kurze Bauzeit wird das Ziegelmauerwerk des Untergeschoßes nur einen halben Stein dick in Zementmörtel ausgeführt. Die Stabilität eines solchen Mauerwerkes ist jedoch im allgemeinen nicht ausreichend, um ein Obergeschoß zu tragen. Deshalb wurde in der Mitte jeder der vier Wände ein vertikaler Spalt von 15–20 cm Breite gelassen. In diesen Spalt wurden Stahlstäbe eingesetzt und der von beiden Seiten eingeschaltete Spalt mit Beton gefüllt. Die so stabil mit der Wand verbundenen vertikalen Betonstützen des Mauerwerkes werden mit einem oberhalb des Mauerwerkes umlaufenden Ringanker verbunden. Dadurch entsteht ein verstärktes Mauerwerk,

das große Stabilität besitzt und dennoch wenig Material benötigt.

### Obergeschoß, Zwischendecke und Instrumentenpfeiler

Auf dem Ringanker wird eine achteckige Schwellenlage befestigt. Diese ist Grundlage für die Fachwerkwände des Obergeschoßes und die Balken der Zwischendecke. Die Zwischendecke besteht aus einer Deckenschalung, der Dämmung und dem Fußboden des Obergeschoßes. Sie ist nicht mit dem Instrumentenpfeiler verbunden. Ein solcher gemauerter Pfeiler wird möglichst groß ausgeführt, um hohe Stabilität zu gewährleisten. Natürlich darf der Raum im Untergeschoß nicht zu stark eingeschränkt werden. Er wird gesondert gegründet (möglichst tief und schwer), wofür z. B. Feldsteine in Zementmörtel verwendet werden können. Das Mauerwerk des Pfeilers braucht nicht voll zu sein, sondern kann als Ringmauerwerk ausgeführt werden, das dann in der Mitte ausbetoniert wird. In diesen Beton sind die Ankerschrauben für das Instrument einzubetonieren.

Der Aufgang zum Obergeschoß erfolgt über eine steile Treppe durch eine Bodenluke.

Das Fachwerk des Obergeschoßes besteht aus vertikalen Stützen in den Eckpunkten des Achtecks, einem achteckigen oberen Rahmen und einer diagonalen Strebe in jeder der acht Wände. Das Fachwerk wird von außen mit wetterfestem Material (z. B. Asbestzementplatten) und von innen mit Holz verschalt.

### Drehkranz und Dachkonstruktion

Oberhalb der Fachwerkwände muß eine achteckige Bohlenchwelle angebracht werden, die breit genug ist, um die Schiene für das drehbare Dach zu tragen. Diese Schiene ist ein hochkant stehender Flachstrahl. Der Ring braucht nicht durchgehend zu sein, er kann aus drei bis vier Teilen bestehen, was die Anfertigung und den Transport erleichtert. Zum Biegen der Schiene eignet sich eine Reifenbiegemaschine, die manchmal in Dorfschmieden noch vorhanden ist. Um die Dachkonstruktion so einfach wie möglich zu gestalten sollte nur mit ebenen Flächen und mit Winkeln von 45° oder 90° gearbeitet werden. Daher wurde der Drehkranz ebenfalls als Achteck aus Holz ausgeführt. Die acht Lauffrollen sind an den Eckpunkten befestigt. Auf dem drehbaren Achteck sind zwei Hauptspalten aufgebaut, zwischen denen das Firstholz und daran je zwei weitere Sparren befestigt sind. Das Dach wird an sieben Flächen verschalt und mit einer Dachhaut aus Teerpappe versehen. Die achte Fläche wird mit einer zweiteiligen Klappe verschlossen, die ebenfalls mit Teerpappe beschichtet ist. Die Teerpappe erhält nach einer Latexgrundierung einen Anstrich mit Cumaron Harz-Lackfarbe silber.

Das Dach muß in der Grundstellung mit einer Windsicherung versehen sein.

Hier konnten natürlich nur einige Hinweise und Erfahrungen weitergegeben werden. Auf eine ausführliche Bauanleitung wie auf benannte Zeichnungen wurde verzichtet. Der Verfasser ist bereit, zu den hier angedeuteten Arbeiten weitere Erläuterungen zu geben. Der gesamte Bauablauf wurde in einem 8 mm-Film festgehalten. Erwähnt werden muß, daß für die Errichtung eines Bauwerkes in der beschriebenen Art eine Genehmigung des zuständigen Kreisbauamtes vorliegen muß.

Lit.: [1] Stachowski, D./P. Wolff: Astrokuppel selbstgebaut. Mitt. Archendhold-Sternwarte Nr. 136, Berlin-Treptow 1982. – [2] Pietsch, H.: Amateursternwarte mit zehneckigem Pyramidendach. Sonderdruck der Archendhold-Sternwarte Nr. 28, Berlin-Treptow 1984.



Abb. 1a und b: Stromlaufpläne im System 1 und 2.

flügt. Beim Aufbau der Schaltung sind die Widerstände parallel zu den Sensordioden von der Empfindlichkeit des A 302 abhängig und bei Bedarf neu zu bemessen. Die Helligkeitsregulierung erfolgt mit einem Potentiometer. Man kann damit die Helffeldbeleuchtung gut auf den Leitstern abstimmen.

### Der Zeitgeber

Ein Zeitgeber vermeidet das ständige Kontrollieren der Belichtungszeit während der Aufnahmen und die damit verbundene Unruhe, so daß man sich völlig auf das Nachführen konzentrieren kann. Als Zeitgeber kann nur eine Schaltung mit einem digitalen Zeitschaltkreis in Frage kommen, da die meisten herkömmlichen Transistorzeitschalter zu kleine Zeitbereiche besitzen oder zu ungenau sind. So wurde mit dem Schaltkreis E 355D (auch als Basteltyp P 355D zu erhalten) ein Kurzzeitwecker mit langsamer Taktfrequenz und selbsttätiger Abschaltung gebaut, der in [3] eingehend erläutert wird.

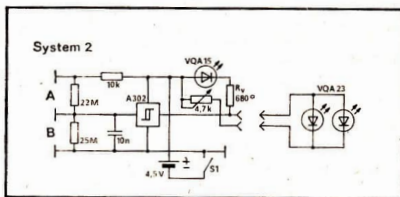
Der Wecker verfügt über zwei Zeitbereiche: bis 6 min und bis 60 min. Als Stromversorgung sind drei RZP 2 gut geeignet, es genügt aber auch eine Flachbatterie. Die Gesamtstromaufnahme liegt im Zählbetrieb bei 8 mA bzw. bei etwa 10 mA bei Signaltonabgabe. Diese sparsame Schaltung ist sehr genau und bewährte sich ausgezeichnet in der Praxis. Das Eichen des Zeitgebers erfolgt mit einer Stopptuhr und ist, da man die Meßvorgänge oft wiederholen muß, sehr zeitaufwendig.

Die Schaltung des Kurzzeitweckers und des Sensorschalters wurde in ein Gehäuse aus Plastfliesen eingebaut, welches abgedichtet wurde (s. Bild-S. IV). Dadurch ist das Eindringen von Feuchtigkeit in das Gerät nahezu unmöglich. Die beiden Leiterplatten wurden im Einschubverfahren im Gehäuse untergebracht und innen auf einer Versorgungs- und Verteilerplatte fest verdrahtet. Im Mustergerät ist jedem der beiden „Systeme“ (Helffeldbeleuchtung und Kurzzeitwecker) eine separate Flachbatterie zugeordnet.

### Anwendung der beiden Systeme

Die Helffeldbeleuchtung wird mit dem Einschalter des Systems 2 (vgl. Abb. 1b) eingeschaltet. Mit dem Sensorschalter kann man sie nun ausschalten, um den Leitstern einzustellen. Man schaltet nun die Helffeldbeleuchtung wieder ein und stellt den Hintergrund so ein, daß man das Strichkreuz gut erkennen kann (der Leitstern darf nicht im Licht „untergehen“). Nun wird System 1 eingeschaltet und die Belichtungszeit eingestellt. Der Leitstern wird leicht defokussiert in den Fadenkreuzschnittpunkt gebracht. Dann löst man den Verschluss der Kamera und startet den Zeitgeber. Nun wird wie üblich nachgeführt. Nachdem die Zeit abgelaufen ist, schaltet sich die LED-Anzeige des Weckers ab, statt dessen ertönt ein gut hörbarer Signalton von ca. 8 s Dauer. Danach ist der Wecker erneut einsatzbereit.

Bei der praktischen Anwendung des Geräts werden die Vorteile besonders deutlich. Vor allem das geringe Gewicht, die hohe Zeitgenauigkeit, die einfache Handhabung und der relativ niedrige Preis von ca. 60 M müssen dabei genannt werden.



Lit.: [1] Jakubasch, H.: LED- und LCD-Bauelemente und ihre Anwendung (Amateurreihe electronica 208), Berlin 1983. – [2] Jakubasch, H.: Das große Schaltkreisbuch, Berlin 1983. – [3] Schlenzig, K.: Digitale Zeitschaltkreise E 355D und E 355D (Amateurreihe electronica 205/06), Berlin 1983. – [4] Fischer, W.: Ausschalten von Störfaktoren bei Sternfeldaufnahmen; AuR 1977, H. 1. S. 19.

DIRK GLÄSER

## Historische Instrumente von Peter Apian

### Reprint eines historischen Werkes der Astronomie

Das „Instrument Buch“ des Peter Apian (1495 in Leisnig, heute Bez. Leipzig geb.) ist neben dessen monumentalem „Astronomicum Caesareum“ eines der Hauptwerke des Autors und besaß im 16. Jh. eine sehr große Wirkung und Verbreitung. Es zeigt in eindrucksvoller Weise das Bestreben Apians, die Astronomie mit praktischen Problemen der Tätigkeit nichtakademischer Bevölkerungskreise zu verbinden. Durch künstlerisch ausgezeichnete Abbildungen unterstützt, werden u. a. Funktion und Herstellung eines Quadranten und dessen Anwendung bei der Himmelsbeobachtung, bei Landvermessungen und der Bestimmung der Höhe von Gebäuden dargestellt. Mit der Behandlung wichtiger Anwendungsbereiche astronomischer Beobachtungsmethoden und der dazu benötigten Instrumente übte Apian erheblichen Einfluß auf deren Vervollkommnung aus.

Apian, Peter: Instrument Buch, Ingolstadt 1533 Reprint, Vorwort von J. Hamel, 63 Bl., zahlr. Abb., Preis 73,— M. Bestellungen an das Zentralantiquariat DDR-7010 Leipzig, PF 1080.

### Berichtigung zu Heft 1/1987, Seite 28

Im Beitrag „Der rechnende Sternfreund“ von A. Dill muß es in den beiden Gleichungen richtig heißen  $y:x$  (statt  $y:z$ ). – Autor und Red. bitten für den Übersichten Satzfehler um Entschuldigung.



## Die Arbeit mit dem Librations-Nomogramm

Wer den Mond aufmerksam beobachtet, stellt fest, daß die uns zugewandte Hälfte der Mondkugel nicht immer den gleichen Anblick bietet. So nimmt z. B. das Mare Crisium manchmal eine sehr nahe Randlage ein, ein andermal liegt das Gebilde bedeutend weiter vom Mondrand entfernt. Verfolgt man den Terminator zur Zeit des Ersten oder Letzten Viertels, so verläuft dieser in den meisten Fällen nicht entlang des 0°-Mondmeridians, sondern schneidet ihn unter einem mehr oder weniger großen Winkel.

Die Ursache für die genannten Erscheinungen ist eine Art Pendelbewegung des Mondes, die *Libration*, (lat. libra, die Waage), die ein periodisches Sichtbarwerden und Verschwinden der am Rande der Mondscheibe befindlichen Objekte zur Folge hat. Die Libration bewirkt, daß wir mehr als die Hälfte der gesamten Mondkugel sehen können, u. zw. fast 59 %.

Man unterscheidet die Libration in Länge, die durch die ungleichförmige Bewegung des Mondes auf seiner Bahn im Gegensatz zu seiner gleichförmigen Bewegung um dessen eigene Achse zurückzuführen ist. Sie kann den Betrag von  $\pm 7,9^\circ$  nach Ost bzw. West erreichen.

Daneben gibt es die Libration in Breite, deren Ursache die um  $6,8^\circ$  geneigte Rotationsachse des Mondes gegenüber der Senkrechten auf der Mondbahnebene ist. Damit blicken wir während eines Mondumlaufes einmal über den Nordpol bzw. Südpol des Mondes hinweg.

Die parallaktische (tägliche) Libration mit nur  $1^\circ$  hat für die Arbeit mit dem Nomogramm keine Bedeutung.

Infolge der Libration ändert sich die Lage der sogenannten scheinbaren Mondmitte, die bei dem kleinen Krater Mösting O liegt – vorausgesetzt der Librationsbetrag ist in Länge und Breite 0°. So kann sich die scheinbare

Mitte innerhalb des gezeichneten Viereckes bewegen und sich um  $2 \times 7,9^\circ = 15,8^\circ$  (Länge) sowie um  $2 \times 6,8^\circ = 13,6^\circ$  (Breite) verändern. Die scheinbare Mondmitte wandert somit über das Gradnetz des Mondes in Richtung auf bestimmte randnahe Mondformationen, die dadurch in den Sichtbarkeitsbereich gelangen. So wird z. B. das bekannte Mare Orientale am günstigsten zu beobachten sein, wenn die Libration in Länge (L) den Betrag von  $+7,9^\circ$ , die Breite (B) um  $-4^\circ$  erreicht. Bei einer negativen Libration in Länge dagegen ist eine Beobachtung des Mare Orientale bei der entsprechenden Mondphase nicht möglich. Der „Kalender für Sternfreunde“ vermittelt unter den physischen Ephemeriden die Lage der scheinbaren Mitte, die in das Nomogramm eingetragen werden kann. Dafür ist die Kenntnis der Libration in Länge (L) sowie der Breite (B) erforderlich, die sich beständig verändern, und nur selten kommt es zu einer Koizidenz der Maxima, also zu einer „Ecklage“. So fallen z. B. am 8. 1. 1986 L  $0^\circ$  mit B  $+4^\circ$  zusammen, während dies am 3. 12. 86 mit  $+6,2^\circ$  (B) der Fall ist. Mit Hilfe dieses Nomogrammes kann die Lage der scheinbaren Mondmitte und damit die Veränderung der sichtbaren randnahen Mondgebiete rasch und anschaulich wiedergegeben werden. Versierte Mondbeobachter können sich damit auch einen monatlichen „Librations-Fahrplan“ zeichnen, um ihre Beobachtungen mit der Mondkarte zu vergleichen.

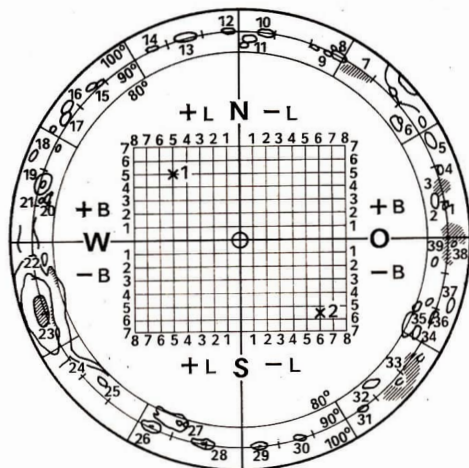
(nach Riise Hvödd (ČSSR), 1986, Nr. 1)

ARNOLD ZENKERT

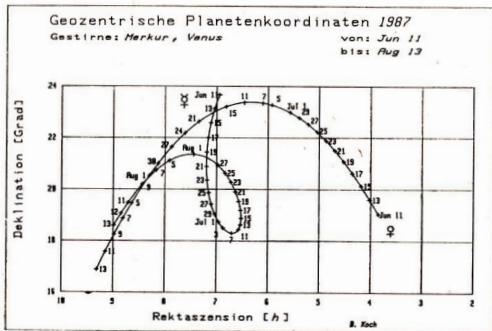
Eingetragen sind die Librationswerte vom 10. 3. 1986 (x 1) und vom 24. 11. 1986 (x 2).

Die Nummerierung eingetragener Mondformationen:

- |                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 1 Jansky        | 5 Joliot             |
| 2 Neper         | 6 Gauss              |
| 3 Mare Marginis | 7 Mare Humboldtianum |
| 4 Al Biruni     | 8 Belkovich          |
|                 | 9 Hayn               |
|                 | 10 Nansen            |
|                 | 11 Byrd              |
|                 | 12 Hermite           |
|                 | 13 Brianchon         |
|                 | 14 Cremona           |
|                 | 15 McLaughlin        |
|                 | 16 Nerst             |
|                 | 17 Roentgen          |
|                 | 18 Bell              |
|                 | 19 Einstein          |
|                 | 20 Vasco da Gama     |
|                 | 21 Bohr              |
|                 | 22 Schlüter          |
|                 | 23 Mare Orientale    |
|                 | 24 Bouvard           |
|                 | 25 Baade             |
|                 | 26 Hansen            |
|                 | 27 Bailly            |
|                 | 28 Drygalski         |
|                 | 29 Amundsen          |
|                 | 30 Hale              |
|                 | 31 Jeans             |
|                 | 32 Lyot              |
|                 | 33 Mare Australe     |
|                 | 34 Barnard           |
|                 | 35 Humboldt          |
|                 | 36 Curie             |
|                 | 37 Skłodowska        |
|                 | 38 Purkyně           |
|                 | 39 Smythii           |



Aus der Darstellung können zwar die Orte der Planeten, nicht aber die Zeiten ihrer gegenseitigen größten Annäherung entnommen werden, da die Maßstäbe für Rektaszension und Deklination unterschiedlich gewählt sind.



## KURZBERICHTE



### „60 Jahre Planetarien aus Jena“

Aus Anlaß der Fertigstellung des Prototyps der Projektionsplanetarien und der Eröffnung des Planetariums Jena im Jahre 1926 veranstalteten das Kombinat VEB Carl Zeiss Jena und die Carl-Zeiss-Stiftung Jena vom 2. bis 7. 11. 1986 in Jena, Halle und Berlin ein internationales Symposium. Leiter und Mitarbeiter von 25 Planetarien des Auslandes und von 6 Planetarien der DDR hatten die Möglichkeit, das komplex rekonstruierte Planetarium Jena mit dem neuen Planetariumsprojektor COSMORAMA kennenzulernen, neueste Entwicklungen des Kombines VEB Carl Zeiss Jena auf dem Sektor der Planetarien und astronomischen Geräte in Augenschein zu nehmen sowie den Gedanken- und Erfahrungsaustausch mit Mitarbeitern und Technikern zahlreicher Zeiss-Planetarien von vier Kontinenten zu pflegen. Die 41 Vorträge befaßten sich mit Fragen der methodischen Gestaltung von Planetariumsveranstaltungen, technischen Veränderungen und Ergänzungen sowie mit der Vorstellung von Einrichtungen und deren Aufgaben. Von den Mitarbeitern der Planetarien in Edmonton (Kanada) und Wolfsburg (BRD) wurden zwei Planetariums-Shows vorgestellt. In Halle lernten die Teilnehmer die Arbeitsweise des Raumflugplanetariums „Fliegerkosmonaut Siegmund Jähn“ kennen. In einer von der Redaktion der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ organisierten Ausstellung wurde eine instructive Übersicht über den Astronomieunterricht und die Unterrichtsmittel in diesem Fach vermittelt. Das Symposium schloß am 7. 11. mit einem Besuch der Baustelle des Großplanetariums im Thälmannpark in Berlin, Hauptstadt der DDR sowie einer Veranstaltung im ZKP 2-Planetarium der Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow.

A. ZENKERT

### 8. Tag der Raumfahrt (1986)

Etwa 200 Interessenten aus der DDR kamen am 18. 10. 1986 zu dieser traditionellen Veranstaltung nach Neubrandenburg. Unter dem Motto „25 Jahre bemannte Raumfahrt“ gab es Ausführungen sowohl zu historischen als auch aktuellen Ereignissen der Raumfahrt. So erläuterte der bekannte Fachbuchautor Peter Stache die Entwicklung der sowjetischen Trägerraketentechnik von WOSTOK 1, die 1961 Juri Gagarin als ersten Menschen der Welt in den Kosmos trug, bis hin zur leistungsfähigen PROTON-Rakete.

F.-E. Rietz (Redaktion „Junge Welt“) schilderte den Entwicklungsprozeß der Raumstationen, wobei er auch auf Fiktionen von Kurd Laßwitz und ersten theoretischen Darstellungen von Ziolkowski und Oberth einging. Sehr viel Anklang fand der Vortrag von Frau Dr. sc. Marianne Poppe und Prof. Dr. med. habil. Karl Hecht (Charité Berlin) zu Problemen der Biosatelliten, den Wegbereitern der bemannten Raumfahrt. Am Beispiel der Kosmosatelliten 1514 (14. 12. 1983 bis 20. 12. 1983) und 1667 (10. 7. 1985 bis 17. 7. 1985) erörterte die Vortragende verschiedene Experimente. Mit Kosmos 1514 brachte die UdSSR erstmals Affen in den Weltraum (Abrek und Bion). Ferner befanden sich drei Fische (Guppys) und zehn Ratten sowie Maiskerne und Krokuszwiebeln an Bord. Schwerpunkte der Affenexperimente, an denen auch Spezialisten aus der DDR, Frankreich und den USA beteiligt waren, bildeten neurophysiologische und Herzkreislaufuntersuchungen.

Dipl. Phys. Michael Danz (IKF der AdW der DDR) erläuterte den DDR-Beitrag innerhalb des internationalen Raumflugunternehmens VEGA zum Halleyschen Kometen. Dieser bestand zu einem wesentlichen Teil in der Bildverarbeitung und -auswertung. Von der DDR wurden dazu am internationalen Bildverarbeitungslabor der sowjetischen AdW in Moskau zwei Bildverarbeitungssysteme in einer Variante mit je acht Bildspeichern installiert.

Dipl. Phys. Bernd Schildwach (IKF der AdW der DDR) legte in seinem Referat die kommerzielle und militärische Nutzung von Satelliten-Datensammelsystemen (SDS) dar. Anhand des französischen Systems ARGOS und des internationalen Rettungssystems KOSPARSATSAT zeigte der Redner Möglichkeiten für deren

friedliche Nutzung. Der Mißbrauch der SDS für militärische Zwecke wurde am Beispiel des amerikanischen Satellitenprojektes MILSTAR verdeutlicht. In diesem Programm stellen die Datensammelplattformen abgesetzte Kommando- bzw. Kontrollpunkte (MILSTAR-Terminals) dar. Mit ihnen soll eines der größten geplanten SDS errichtet werden:

4000 Terminals im Bereich der Seestreitkräfte  
2000 Terminals im Bereich der Landstreitkräfte  
1870 Terminals im Bereich der Luftstreitkräfte

Zu Aspekten der Nutzung von Fernerkundungsmethoden sprach Dr. Horst Weichert (ZI für Physik der Erde der AdW der DDR). Er stellte in seinen Ausführungen die verschiedenen Verfahren und deren technische Realisierung und wissenschaftliche Bedeutung heraus.

Ein Filmprogramm, eine Ausstellung und ein abendliches Diskussionsforum ergänzten die Konferenz.  
Am 21. November 1987 wird der 9. Tag der Raumfahrt unter dem Motto „30 Jahre Raumfahrt“ stehen. Anmeldungen nimmt unser Bedienstetmitglied Uwe Schmalig, Große Wollweberstr. 23, Neubrandenburg, 2000 entgegen. UWE SCHMALIG

## Aktivitäten der Sektion Halobeobachtungen

Am 22./23. Februar 1986 fand das 1. Seminar der Sektion Halobeobachtungen (SHB) statt. Dazu trafen sich 14 Beobachter und Interessenten im Potsdamer Kulturhaus „B. Kellermann“.

In den Vorträgen wurden die Ergebnisse aus sieben Jahren der Arbeit der Sektion vorgestellt. In der Diskussion wurde über die weitere Arbeit beraten. In Zukunft wird sich das Arbeitsfeld der SHB ändern. Neben dem Sammeln von Standarddaten (was ja seit Gründung durchgeführt wird), werden zu bestimmten Schwerpunkten gezielte Beobachtungen durchgeführt.

Viele Gebiete der Halotheroie sind ungeklärt, da dazu Beobachtungsdaten fehlen. Durch die Spezialprogramme Farbigkeit, Intensitätsprofil, Winkelmessung, parheliche Nebensonnen u. a. sollen Grundlagen für spätere Untersuchungen gelegt werden. Zur Koordination dieser Beobachtungen und der Arbeit innerhalb der SHB fand am 14./15. November 1986 im Karl-Marx-Städter Kosmonautenzentrum ein Arbeitstreffen statt.

GERALD BERTHOLD, ANDRÉ KNÖFEL

Suche AuR-Hefte 5/77, 1/79, 1/81, 4/82, 6/83, 5/84, H.-J. Mettig, Tiergartenstraße 30c, Dresden, 8020.

Suche AuR-Heft 4/1984. - Wolfgang Görs, E.-Hölle-Strasse 60, Jena, 6900.

Suche AS-Objektiv 110/1650 mm. - Edgar Schmidt, K.-Liebknecht-Str. 8, Saalfeld, 6800.

Verkaufe AuR-Hefte 5/1982 bis 6/1986, zus. f. 25 M. Torsten Sämmer, R.-Berndt-Str. 7, Dresden, 8045.

Wir suchen mittelschwere Mont. (m. elektr. Nachf.) f. 21 cm-Newtonsp. mit 1,5 m Rohrlänge (kann leicht deckt sein). - Sternwarte „B. H. Bürgel“, Sohland, 8600.

## Leserbrief

*Stellvertretend für ähnliche Meinungsäußerungen stellen wir folgenden Auszug zur Diskussion.*

..... Vorhin blätterte ich noch einmal das Heft 5/86 von AuR durch. Als Amateurastronom muß ich von Heft zu Heft mit Bedauern feststellen, daß m. E. viel zu häufig Artikel über die Raumfahrt und angrenzende Gebiete, z. B. Raumfahrtgeschichte, erscheinen. Für meinen Einwand möchte ich einige Gründe nennen. Veröffentlichungen über Raumfahrt sind heute in allen Zeitungen und Zeitschriften zu finden, die täglich bzw. wöchentlich erscheinen. Dort kann die Berichterstattung sehr aktuell und konkret ereignisbezogen erfolgen und ist durchaus nicht immer von ADN-Reportern, ... Dagegen nimmt sich ein Beitrag, wie z. B. „Mir steht für Frieden im All“, eben in AuR recht ausgelaut aus, weil nichts Neues mitgeteilt wird, was nicht bereits längst veröffentlicht wurde. Parallel zu AuR widmet in der DDR noch die FLIEGER-REVUE monatlich einige Seiten der Raumfahrt. Viele raumfahrttechnische Details sind dort herauslesbar.

Viel wichtiger erscheint mir in unserer Zeitschrift die Darstellung der Raumfahrt für die Astronomie, z. B. VEGA oder Phobos.

Insgesamt bliebe dann neben Artikeln von „Profis“ für Amateure (z. B. von Reichstein) wieder mehr Platz für die Amateure selbst. Es ist wichtig, daß AuR speziell unter den beobachtenden Amateuren als Verständigungsmittel mit Breitenwirksamkeit innerhalb der Anhänger dieses Hobbys wirksam wird. Ich habe mitunter den Eindruck, daß insgesamt die Qualität der Beobachtungen steigt, aber von immer weniger Beobachtern immer mehr beobachtet wird. Auf die Dauer kann dieser Effekt nicht befriedigen, ...

HOLGER SEIPELT, Carlsfeld

## Vorschau auf Heft 4/1987

Weißer Zwerge in Sternhaufen • Spot-1 • SN 1987 A • Rendezvous zweier Planeten • Kleinplanet „Berolina“ • Die Berechnung einiger planetarer Phänomene • Das Fernrohr des Sternfreundes: Linsenfernrohre • Plejadenbedeckungen durch den Mond • Neue Wetteratelliten-generation

## Unsere Autoren

Dipl.-Math. D. Stoll u. Dr. H. Tiersch, AdW d. DDR, ZIAP, Sternwarte Babelsberg, Potsdam, 1591  
Dr. Fr. Bönngen u. Dr. R. Ziener, AdW d. DDR, ZIAP, K.-Schwarzschild-Observatorium, Tautenburg, 6901  
Dr. A. Koekelenbergh, 3. av. Circ., Brüssel, B-1180 Johannes Classen, Sternwarte, Pulsnitz, 8514  
Dr. J. Büchner, AdW d. DDR, ZIAP, Abt. Magnetosphärenphysik, Telegraphenberg, Potsdam, 1500  
Dr. L. M. Zeleny, AdW d. UdSSR, Inst. f. Kosmosf., Moskau  
Dipl.-Ing. H.-D. Naumann, Str. d. Thäl.-Pioniere 19, Radeberg, 8142  
Daniel Fischer, Im Kottensiefen 10, D-5330 Königswinter 41  
Jost Jahn, Rosenweg 2, D-2410 Mölln/Lbg.  
Dr. J. Flohrer, PSF 101/1 B, Berlin, 1020  
Ulrich Leonhardt, Kobaltstr. 8, Aue, 9400  
Konrad Gühl, Alt Treptow 1, Berlin, 1193  
Dirk Gläser, Huttenstr. 93, Halle/Saale, 4020  
(Weitere Autorenanschriften sind bei der Redaktion zu erfragen.)

## Sojus 32-40

● Die **Orbitalsektion** ist mit der anschl. Kommandokabine über einen Durchstieg mit hermetischer Luke verbunden. Sie hat eine besondere Ausstiegs Luke, 4 Sichtfenster und kann außen (vorn) einen Kopplungsadapter oder eine Montageplattform mit Beobachtungsinstrumenten tragen. Die Sektion ist als Schlafkabine, Gymnastikraum, Labor für Experimente im Weltraumvakuum, wissenschaftlicher Arbeitsraum (variable Geräteausstattung) sowie als Ausstiegsschleuse zu verwenden.

● Die **Kommandokabine** ist eine Rückkehrkapsel. Sie ist für max. 3 Mann ausgelegt und enthält neben den Konturenstützen die Anlagen, Anzeigearmaturen und Hilfsgeräte für die Flugführung. Außerdem sind Nahrungsmittel in dieser Sektion untergebracht, die 2 Bull-

augen für visuelle Beobachtungen und ein weiteres mit optischem Orientierungsvisier besitzt. Kommandokabine und Orbitalsektion bieten zus. 9 m<sup>3</sup> Raum. - **Kabinatmosphäre**: Luft normaler Zusammensetzung mit 1,079 bar Druck (0,213 bar Sauerstoffpartialdruck) bei (18...20) °C und ca. 40 % rel. Feuchte.

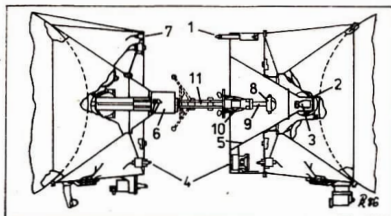
● Die **Geräte-(Service-)Sektion**, an die Kommandokabinen-Basisfläche angesetzt, umfaßt: Bordenergieversorgung, Klimaanlage, 2 Haupttriebwerke. Hinzu kommen diverse kleine Lagerregelungstriebwerke. Zum System der Bordenergieversorgung gehören 2 Solarzellenausleger (14 m<sup>2</sup> zus.) oder chem. Batterien.

JAN OEHLER

| Nr. | internat. Bezeichn. | Besatzung  | Startdatum | Flugdauer d. Startbesatzung<br>Flugdauer d. Raumschiffes                    | Einsatzzweck   |
|-----|---------------------|--|------------|---|--|
| 32  | 1979-18A            | W. Ljachow<br>W. Rjumin<br>(3. Stammbesatzg. Salut 6)              | 25. 2. 79  | 175d00h36 min<br>bis 19. 8. 79<br>automat.<br>Rückkehr nach<br>108d04h24min | 26. 2. 78 Koppl. m. Salut, ca. 175d Forschungstätigkeit in Salut 6, Empfang v. 3 Transportraumschiffen (Progress 5-7), Umkopplungsmanöver mit Sojus 34, 1. Radioteleskop KRT-10, Ausstieg zur Abkopplung v. KRT-10, Landung d. Besatzg. m. Sojus 34  |
| 33  | 1979-29A            | N. Rukawischnikow<br>G. Iwanow (VRB)<br>(4. IK-Besatzg.)           | 10. 4. 79  | 1d23h41min<br>bis 12. 4. 79   | Koppl. m. Salut 6 mußte wegen Ausfall des Haupttriebwerks abgebrochen werden; ballistischer Abstieg mit Hilfe der Reserveantenne   |
| 34  | 1979-49A            | —  | 6. 6. 79   | Rückkehr m. 3. Stammbesatzg. am 19. 8. 79<br>73d18h17min                    | 8. 6. 79 Koppl. m. Salut 6, Transport v. Materialien d. Forschungen UdSSR/VRB, Rückkehrtraumsch. für 3. Stammbesatzung   |
| T-1 | 1979-103 A          | —  | 16. 12. 79 | 100d09h20min<br>bis 25. 3. 80   | 19. 12. 79 Koppl. m. Salut 6, unbemannte Erprobung eines weiterentwickelten Raumschiffstyps  |
| 35  | 1980-27A            | L. Popow<br>W. Rjumin<br>(4. Stammbesatzg. Salut 6)                | 9. 4. 80   | 184d20h12min<br>bis 11. 10. 80<br>55d01h28min                               | 10. 4. 80 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. m. 5.—7. Interkosmosbesatzung (Sojus 36—38) u. Sojus T-2-Besatzg., Empfang von 4 Transportraumschiffen (Progress 8—11), 2 Umkopplungsmanöver, ca. 184d Forschg. in Salut 6, Landung der Bes. mit Sojus 37 |
| 36  | 1980-41A            | W. Kubassow<br>B. Farkas (UVR)<br>(5. IK-Besatzg.)                 | 20. 5. 80  | 7d20h45min<br>bis 3. 6. 80<br>65d20h54min                                   | 26. 5. 80 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. m. Sojus 35-Besatzg. (ca. 7d), Landung d. Besatzg. mit Sojus 35   |
| T-2 | 1980-45A            | J. Malyschew<br>W. Axjonow<br>(Gastmannschaft f. 4. Stammbesatzg.) | 5. 6. 80   | 3d21h41min<br>bis 9. 6. 80  | 6. 6. 80 Koppl. m. Salut 6, 1. bemannte Erprobung v. Sojus T, gemeins. Exp. m. Sojus 35-Besatzung  |
| 37  | 1980-64A            | V. Gorbatschow<br>P. Tuan (SRV)<br>(6. IK-Besatzg.)                | 23. 7. 80  | 7d20h42min<br>bis 31. 7. 80<br>79d15h17min                                  | 24. 7. 80 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. m. Sojus 35-Besatzung (ca. 7d), Landung d. Besatzg. mit Sojus 36  |
| 38  | 1980-75A            | J. Romanenkow<br>A. Tamayo (Kuba)<br>(7. IK-Besatzg.)              | 18. 9. 80  | 7d20h43min<br>bis 26. 9. 80   | 19. 9. 80 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. mit Sojus 35-Besatzung (ca. 7d)   |
| T-3 | 1980-94A            | L. Kisim<br>O. Makarow<br>G. Strekalow                             | 27. 11. 80 | 12d19h08min<br>bis 10. 12. 80   | 28. 11. 80 Koppl. m. Salut 6, Reparatur- und Wartungsarbeiten an Salut 6, 1. Flug von Sojus T mit 3 Mann Besatzung, Entladung u. Abkopplung von Progress 11  |
| T-4 | 1981-23A            | W. Kowaljonok<br>V. Sawinyeh<br>(5. Stammbesatzg. Salut 6)         | 12. 3. 81  | 74d17h38min<br>bis 26. 5. 81  | 13. 3. 81 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. m. 8. u. 9. Interkosmosbesatzung (Sojus 39 u. 40), Entladung u. Abkopplung v. 1 Frachtraumschiff (Progress 12)  |
| 39  | 1981-29A            | W. Delanibekow<br>S. Gurratschaa (MVR) (8. IK-Bes.)                | 22. 3. 81  | 7d20h43min<br>bis 30. 3. 81   | 23. 3. 81 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. m. Sojus T-4-Besatzung (ca. 7d)   |
| 40  | 1981-42A            | L. Popow<br>D. Prunariu (SRR)<br>(9. IK-Besatzg.)                  | 14. 5. 81  | 7d20h17min<br>bis 22. 5. 81   | 15. 5. 81 Koppl. m. Salut 6, gemeins. Exp. mit Sojus T-4-Besatzung (ca. 7d) - (letzter Flug eines Raumschiffes v. Typ Sojus)   |



1-Stecker, 2-Kegel des Aufnahmekonus, 3-Aussparung für Verriegelung, 4-Elektronenverbindung, 5-Aufnahmekonus, 6-Gerät des Kopplungsmechanismus, 7-Buchse, 8-Spreizkopf des aktiven Kopplungsmechanismus, 9-Stoßdämpfer, 10-Ausrichtevorrichtung, 11-ausfahrbare Spindel.



SOJUS 4 (aktiv)

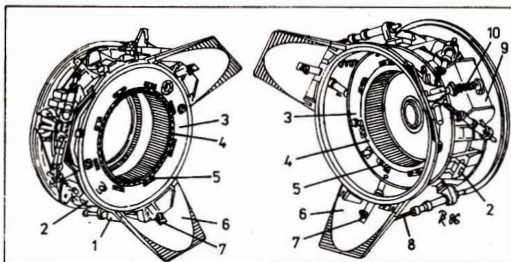
SOJUS 5 (passiv)

1-Stoßdämpfer, 2-Verriegelung, 3-Kopplungsring, 4-Dichtungsring, 5-Verschluß, 6-Führungsfläche, 7-Verriegelung, 8-Winde, 9-Gerät des Kopplungsmechanismus mit Differentialblock, 10-Feder.

Grafik: Dietmar Röttler n. Enzykl. 'KOSMONAVTYKA'

# SOJUS-Varianten [3]

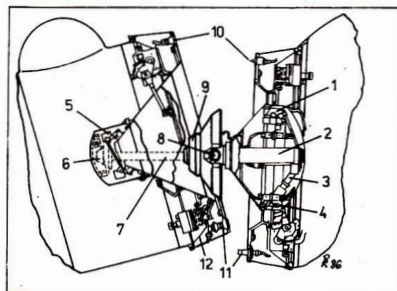
## KOPPLUNGSSYSTEME



APOLLO 18 (passiv)

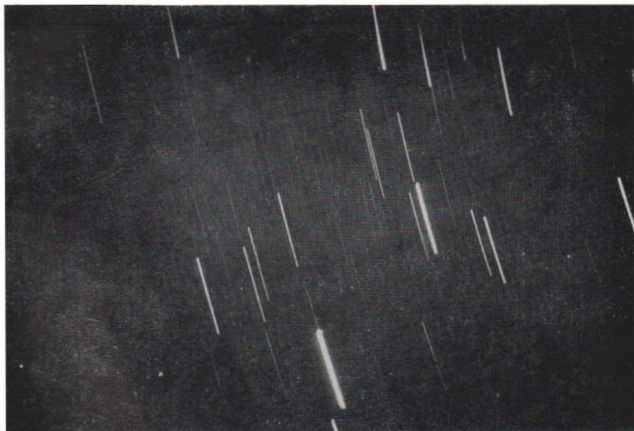
SOJUS 19 (aktiv)

1-elektromechanischer Dämpfer, 2-Hülse der Kopplungsspindel, 3-Dämpfungszyylinder, 4-Sprengbolzen zur Entriegelung des Kopplungsmechanismus, 5-Spreizkopfaufnahme, 6-Spreizkopf des aktiven Kopplungsmechanismus, 7-ausfahrbare Spindel, 8-Kugelgelenk, 9-Spindeltrieb, 10-Verbindungsstecker des elektrischen Systems, 11-Verbindungsstecker des hydraulischen Systems, 12-Kopplungsflansch.



SALUT (passiv)

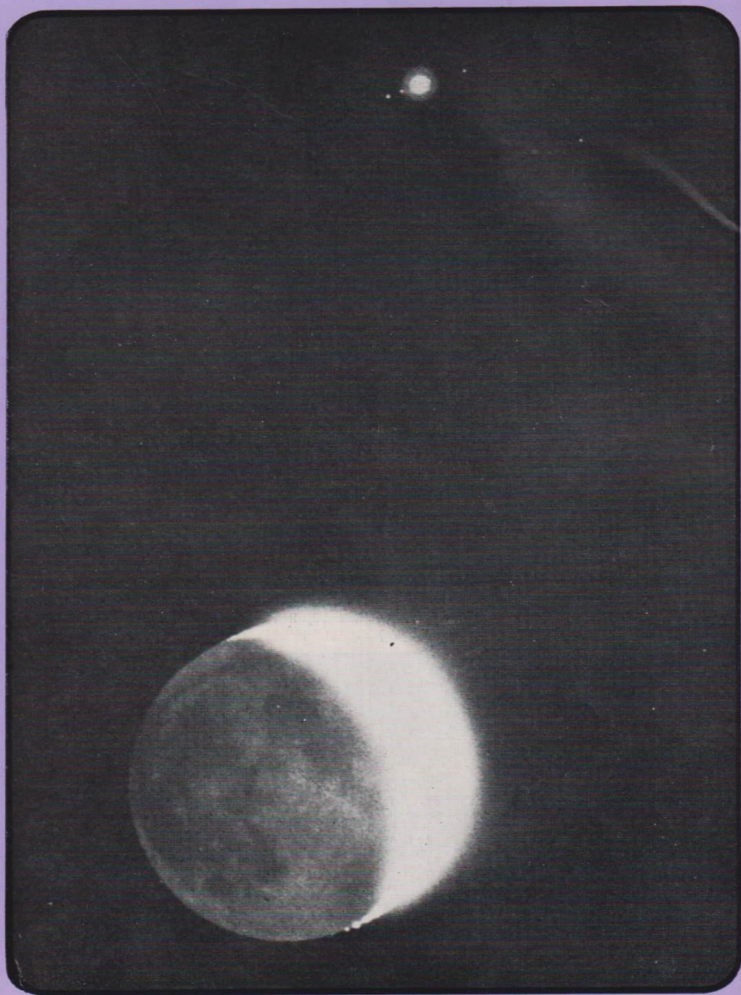
SOJUS (aktiv)



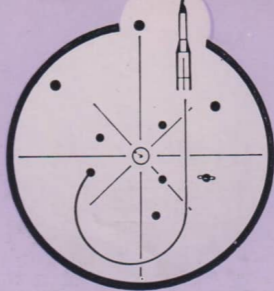
Zum Beitrag von D. Fischer (Seite 82): Was fotografierte Jost Jahn in Mölln (BRD)\* am 28. 3. 1983? Koordinaten (1950,0):  $14^{\text{h}}13^{\text{m}}...14^{\text{m}}33^{\text{m}}. + 4^{\circ}28'$ . Der Lichtfleck (rechts) ist auf dem Farbfoto auffallend orange gefärbt.

Kern des Kometen Halley - „... natürlich ist es nichts weiter, als eine Zeichnung, zu der mich das VEGA-Foto (s. AuR 5 86) inspiriert hat. ... ich dachte mir, daß man es doch einmal versuchen könnte, die Informationen des Falschfarbfotos in einen visuellen Eindruck zu verwandeln. Ich verstand das Bild so, daß unten der wahre Rand des Kernes, oben dagegen, an der sonnenabgewandten Seite, der Terminator zu sehen ist. Man sieht auf dem Foto deutlich, daß der Terminator viel ausgefranst erscheint als der Kernrand. ... könnte annehmen, daß meine Zeichnung dem wirklichen Anblick des Kernes, den VEGA 2 zum Aufnahmezeitpunkt hatte, ... nahekommt. Große Details waren natürlich nicht zu sehen, ... ich habe versucht, einige der ominösen Spalten anzudeuten.“ (Andreas Dill, Rudolstadt, in seinem Brief vom 26. 7. 1986 an H. A.)





# Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

EVP 1,50

1987 4



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





# Astronomie und Raumfahrt

## Herausgeber:

Kulturbund der DDE, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

## Redaktion:

**Chefredakteur:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx; – **Verantwoortl. Redakteur:**  
OL Heins Albert

**Astronomie:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx, Dipl.-Phys. W. Häupl;  
– **Raumfahrt:** Prof. Dr. sc. D.  
Möhlmann, Uwe Schmalzing;  
– **Philosophie/Geschichte:** Dr. J.  
Hamel; – **Amateure:** Ing. A. Grün-  
berg, Dipl.-Phys. J. Rendtel,  
StR A. Zenkert, B. Zill; –  
**Aus der Lit.:** J. Gasleick; – **Re-  
zensionen:** Dipl.-Phys. M. Woche;  
**Red.-Sekr.:** Ing. W. Fohl  
**Zeichn.:** M. Schreiter

## Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, PSF 61  
Straße der Jugend 8,  
Fernsprecher 3800

## Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Hefen.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, Straße der Pariser  
Komune 8–4, Berlin 1004.  
Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presseamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDE. Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

## Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

**Manuskripte** sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionssitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

Der Nachdruck der in Astronomie  
und Raumfahrt veröffentlichten  
Beiträge ist nur mit Zustimmung  
der Redaktion gestattet.

## Satz und Druck:

IV/26/14 Fachbuchdruck Nbg.

# INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 4

|  |          |
|--|----------|
| V. Weidemann: Weiße Zwerge in Sternhaufen . . . . .  | 98       |
| P. Schröpper: Spot-1 . . . . .   | 101      |
| H.-D. Naumann: Neue Wettersatellitengeneration . . . . .   | 104      |
| Fr. Börngen: Kleinplanet „Berolina“ . . . . .  | 105      |
| H. Albert: SN 1987A – eine außergewöhnliche Supernova . . . . .  | 105      |
| K. Kirsch: Komet Wilson (1986 I) . . . . .   | 105      |
| K. Kirsch: Rendezvous zweier Kometen . . . . .   | 106      |
| Jean Meeus: Die Berechnung einiger planetarer Phänomene . . . . .  | 107      |
| A. Koeckelenbergh: Vorläufige Sonnenfleckrelativzahlen<br>März/April 1987 . . . . .                          | 111      |
| H. Scholz: Das Fernrohr des Sternfreundes, Linsenfern-<br>rohre . . . . .                                    | 112      |
| D. Büttner: Plejadenbedeckungen durch den Mond . . . . .   | 116      |
| Astronomischer Büchertisch (B. Götz) . . . . .   | 117      |
| Ausgewählte Daten aus der Chronik der Astronomie in<br>Berlin (D. Fürst, J. Hamel, D. B. Herrmann) . . . . . | 118      |
| Die ZKAR informiert: X. Tagung für Astronomie . . . . .  | 119      |
| Leserbrief • Glossar: prograd und retrograd . . . . .  | 120      |
| U. Schmalzing: Erstes Spezialmodul für MIR . . . . .   | 121      |
| Astronomisches Jugendlager 1986 (P. Rucks) • Rezensionen . . . . .   | 122      |
| B. Priesemuth: Raumfahrtstatistik 1986 (I) . . . . .   | 127      |
| Anzeigen . . . . .   | 106, 120 |
| Unsere Autoren . . . . .   | 111      |

Redaktionsschluß: 15. 5. 1987

Auslieferung an den PZV: 27. 8. 1987

## Bildseiten

**Titelbild:** „Das schöne Amateurfoto“ von Jürgen Rendtel, Pots-  
dam: Mond – Venus – Mars am 12. 10. 1985 um 5.35 MEZ. Foto  
auf NC 19, Pentacon six mit 1:2,8/180, 2 s belichtet, umkopiert  
mit FN 52. Die scheinbaren Helligkeiten: Mond  $\approx -7^m$ , Venus  
(unter dem Mond)  $-3^m$  und Mars (rechts vom Mond)  $+2^m$ .

**2. und 3. Umschl.-S.:** Beispiele der Spot-Aufnahmen-Qualität.  
**2. U.-S.:** Nizza an der französischen Rivieraküste (u. re.) und  
Monaco – Monte Carlo (o. li). Aufn. vom 23. 12. 1986, Bildaus-  
schnitt  $15 \times 10 \text{ km}^2$  (linker Bildrand ist Nordnordost).

**3. U.-S.:** Ein Teil der schneebedeckten Poebene (Italien) etwa  
20 km südlich von Turin. Am linken Bildrand die Alpen, am rech-  
ten der Apennin. Die Siedlungen (kleine schwarze Punkte) und  
das Straßen- und Wegenetz sind erkennbar. In der Bildmitte die  
Stadt Savignano. Bildausschnitt vom 23. 2. 1986 mit  $20 \times 40 \text{ km}^2$   
(obere Bildkante ist Nordnordost).

**4. Umschl.-S.:** Modelldarstellung des französischen Erderkun-  
dungssatelliten Spot-1, der mit einer „Ariane“-Trägerrakete am  
22. Februar 1986 gestartet wurde. (Fotos (3): SPOT-IMAGE)  
Lesen Sie dazu unseren Beitrag ab Seite 101!

## Weißer Zwerge in Sternhaufen: ein Schlüssel zur Bestimmung der Anfangs-Endmassen-Beziehung in der Sternentwicklung

VOLKER WEIDEMANN

In den siebziger Jahren wurde es deutlich: Sterne erleiden im Laufe ihres Lebens verschiedenlich Massenverluste, was sich nicht nur in den spektakulären Endphasen der Planetarischen Nebel oder Supernova-Explosionen manifestiert, sondern auch in stetigen Sternwinden, die aus zirkumstellären Absorptions- und Emissionslinien erschlossen werden konnten. Die Frage nach den Gesamtmassenverlusten, also nach der Massenbilanz eines Sternes zwischen „Geburt“ und „Tod“, blieb dabei zunächst offen.

Andrerseits haben wir inzwischen mehr über die drei möglichen Endzustände der Sternentwicklung – Weiße Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher – gelernt. Wir wissen, daß Weiße Zwerge nur bis zu einer theoretischen Massengrenze von 1,4 Sonnenmassen, der Chandrasekhar-Grenze, existieren können, während Neutronensterne theoretisch auch größere Massen haben dürften, jedoch ebenfalls einer Obergrenze von etwa 2–5 Sonnenmassen unterworfen sind, bei deren Überschreitung sie gravitationsinstabil würden und zu einem Schwarzen Loch kollabieren müßten. Die Massen der Schwarzen Löcher sind andererseits nicht beschränkt.

Die große Frage lautet damit: Welche Sterne entwickeln sich zu Weißen Zwergen, welche zu Neutronensternen und welche zu Schwarzen Löchern?

Die einfachste Annahme ist, daß dies im wesentlichen von der Anfangsmasse eines Sternes abhängt: liegt diese unterhalb der Chandrasekhar'schen Grenzmasse, so dürften wir sicher Weiße Zwerge erwarten, ist sie aber größer, so hängt es offensichtlich von den Massenverlusten ab, wie groß die Endmasse wird und damit, ob ein Weißer Zwerg, Neutronenstern oder Schwarzes Loch übrigbleibt.

Die Theorie hat da bisher nur eine Teilantwort geben können: Sterne, die anfänglich mehr als 8–9 Sonnenmassen haben, sollten im Laufe ihrer Entwicklung nach der Erschöpfung des zentralen Wasserstoffs nacheinander Helium- und Kohlenstoffbrennen in den jeweils ausgebrannten Zentralbereichen bei geringen Dichten zünden, wobei die Chandrasekhar Massengrenze ohne weiteres überschritten wird, so daß am Ende nur ein Gravitationskollaps zu Neutronen-

sternsdichten oder zu Schwarzen Löchern übrigbleibt. Sterne mit geringeren Massen dagegen bauen im Inneren einen hochkomprimierten (entarteten) ausgebrannten Zentralbereich aus Kohlenstoff und Sauerstoff auf, der sich schon bei Weißen Zwergen-Dichten befindet, und, an dessen Außenseite Wasserstoff- und Heliumschalen so kräftig brennen, daß die Leuchtkraft enorm ansteigt und stellare Winde die Hüllenmasse reduzieren. Dies ist das sogenannte Asymptotische-Riesenast-Stadium (AGB = asymptotic giant branch), an dessen oberem Ende die Resthüllenmasse in einer kurzen Superwindphase abgeblasen wird, die dann als Planetarischer Nebel in Erscheinung tritt. Der Mechanismus der Erzeugung dieser Winde ist aber noch weitgehend unverstanden, so daß eine theoretische Vorhersage der erreichten Endmasse als Funktion der Anfangsmasse nicht möglich ist.

Es gibt jedoch eine halbempirische Möglichkeit, die Anfangs-Endmassenbeziehung zu bestimmen: die Beobachtung von Weißen Zwergen in Sternhaufen. Z. B. weiß man seit langem, daß es in den Hyaden mindestens ein halbes Dutzend Weiße Zwerge gibt, und kann andererseits aus der Besetzung der Hyadenhauptreihe bis zu etwa  $2 M_{\odot}$  schließen, daß dieser Haufen etwas weniger als  $10^6$  Jahre alt ist. Die massereicheren Sterne haben sich bereits von der Hauptreihe weg entwickelt, insbesondere müssen die Weißen Zwerge, die ja schon ganz entwickelt sind, ursprünglich massereicher als  $2 M_{\odot}$  gewesen sein. Da sie nach spektroskopischer Analyse heute nur Massen von  $0,6 M_{\odot}$  haben, müssen sie mindestens  $1,4 M_{\odot}$  während ihrer Entwicklung verloren haben, mit anderen Worten: die Sterne haben 70 % ihrer Anfangsmasse in Form von stellaren Winden oder als Planetarische Nebel an die interstellare Materie zurückgegeben und nur 30 % in ihrem Endzustand als Weiße Zwerge behalten!

Diese Überlegung kann man ähnlich auch für andere Sternhaufen anstellen, in denen Weiße Zwerge gefunden wurden, und so mehr über die Massenbilanz von Sternen lernen.

Im Einzelnen hat man dabei wie folgt vorzugehen:

1. Man suche im Gebiet des Haufens nach lichtschwachen blauen Objekten als möglichen Weißen Zwergen.
2. Für den Haufen bestimme man die Ent-







NGC 2287 - 2 ( $V = 20^m$ ). Vergleiche der beobachteten Spektren mit Modell-Atmosphären-Rechnungen, die als Funktion von  $T_{\text{eff}}$  und  $g$  in Kiel vorliegen, ermöglichen die Bestimmung beider Parameter, wobei die Äquivalentbreiten jeder Linie ( $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ) und die Zentralintensität von  $H_\gamma$  je eine  $g$ - $T_{\text{eff}}$ -Relation festlegen, deren Schnittpunkt dann die Lösung liefert. Abb. 2 zeigt dies am Beispiel von Weißen Zwergen des Haufens NGC 2516 [2].

Im Fall von NGC 2516 findet man so  $\log g = 8,6, 8,9$  und  $9,0$  für NGC 2516 - 1, -2 und -5, die gesichertesten Weiße-Zwerg-Kandidaten. Dies entspricht Massen  $M(g)$  von  $0,95; 1,14$  und  $1,17 M_\odot$ . Aus dem Entfernungsmodul des Haufens  $m - M = 8^m$  3 ergibt sich nach Korrektur für Verfärbung (es handelt sich um junge Haufen, meist in der galaktischen Scheibe)  $V_0 - M_v = 8,0$ , also eine Entfernung von rund  $400$  pc. Aus der Masse-Radius-Beziehung findet man für die obigen Massen und die bestimmten Effektivtemperaturen Entfernungsmoduli von  $8,6 \pm 1,0, 8,2 \pm 1,0$  und  $8,5 \pm 1,2$ , so daß kein Widerspruch zur Annahme der Haufenmitgliedschaft vorliegt. Es sollte hierbei erwähnt werden, daß auf der Himmelsfläche die beobachtete Dichte der blauen Objekte im Haufenbereich etwa dreimal größer ist als im umgebenden Feld, was allein schon für Haufen-zugehörigkeit spricht.

Setzt man andererseits die Haufenentfernung ein, so erhält man  $M_v$ -Werte und, da für gegebenes  $T_{\text{eff}}$   $M_v$  nur vom Radius abhängt, Radien für die drei Weißen Zwerge, die wiederum über die Masse-Radius-Beziehung Massen ergeben:  $M(R) = 1,05, 1,14$  und  $1,22 M_\odot$ .

Wie steht es nun mit den zugehörigen Anfangsmassen?

Dazu müssen wir nach obigem Programm zunächst den Hauptreihenabknickpunkt und dann das Haufenalter bestimmen. Hier besteht eine Schwierigkeit darin, daß in praxi nur wenige junge Sternhaufen so sternreich sind, daß der „turn-off“ wohldefiniert ist. NGC 2516 wurde extra ausgewählt, weil es der reichste Haufen mit jungen Sternen ist. Die turn-off-Masse liegt bei  $4,7 M_\odot$ , so daß wir für die Elternsterne der Weißen Zwerge Anfangsmassen  $M_i > 5 M_\odot$  erwarten dürfen. Die Abkühlungszeiten für die drei Weißen Zwerge betragen  $4,8; 5,3$  und  $7,5 \cdot 10^7$  Jahre, das Haufenalter ist  $10^8$  Jahre. Die Elternsterne waren also  $5,2; 4,7$  und  $2,5 \cdot 10^7$  Jahre alt, als sie ihre nukleare Entwicklung beendeten, den AGB verließen und die Weißen Zwerge - im Inneren eines Planetarischen Nebels - geboren wurden. Diese nuklearen Entwicklungsalter haben nun Sterne von  $M_1 = 7,2; 7,6$  und  $9,8 M_\odot$ , womit wir die Anfangsmassen

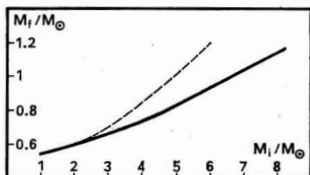


Abb. 3: Beziehung zwischen Anfangsmasse  $M_i$  (= initial) und Endmasse  $M_f$  (= final). Gestrichelt: gleiche Beziehung, falls konvektive Durchmischung im Hauptreihenstadium stärker.

bestimmt haben. NGC 2516 lieferte so das interessante Ergebnis, daß auch Sterne von relativ großen Massen noch Weiße Zwerge hinterlassen und nicht als Supernova explodieren. Andererseits sind auch die Weiße-Zwerg-Massen in diesem  $M_i$ -Bereich sehr viel größer als die normalen Weiße-Zwerg-Massen von  $0,6 M_\odot$ . Wir haben damit wichtigste Anhaltspunkte für die Anfangs-Endmassen-Beziehung erhalten, die etwa so verlaufen muß wie in Abb. 3 gezeigt (vgl. [3]).

Nach dem spektakulären Ergebnis für NGC 2516 wurden weitere Haufen beobachtet [4], allerdings mit weniger Ausbeute, und mit größeren Unsicherheiten. Das Verfahren wird aber fortgesetzt, wenn zukünftige Beobachtungen noch schwächere Objekte zu spektroskopieren gestatten.

Auch die theoretische Seite läßt noch zu wünschen übrig. Die nukleare Lebensdauer der Sterne - also die Zeit der Entwicklung bis zum AGB - würde verändert, wenn die konvektive Durchmischung im Sterninneren stärker oder schwächer ist als bei obigen Rechnungen angenommen. Nach ersten Untersuchungen sind die Auswirkungen auf die  $M_i/M_f$ -Beziehung erheblich: stärkere Konvektion verlängert das Hauptreihenalter und damit auch die gesamte Entwicklungszeit, während die Abkühlungszeiten der Weißen Zwerge unverändert bleiben; bei der Subtraktion nach (8.) ergeben sich geringere Unterschiede zum Haufenalter, und damit rücken die  $M_i$  näher an die turn-off-Masse der Haufen heran. Diese selbst werden bei gegebenem  $M_v$  ebenfalls verringert, so daß eine neue  $M_i/M_f$ -Beziehung resultiert, die der gestrichelten Linie in Abb. 3 entspräche [5].

- [1] Reimers, D., Koester, D.: 1981, *Astron. Astrophys.* **99**, L8. - [2] Koester, D., Reimers, D.: 1982, *Astron. Astrophys.* **116**, 341. - [3] Weidemann, V., Koester, D.: 1983, *Astron. Astrophys.* **121**, 77. - [4] Koester, D., Reimers, D.: 1985, *Astron. Astrophys.* **153**, 260. - [5] Weidemann, V.: 1987, *Astron. Astrophys.* (im Druck).



## „Spot 1“: französischer Erdbeobachtungssatellit

PETER SCHRÖPPER

Zu den effektivsten Anwendungsgebieten der Raumfahrttechniken gehört die Nutzung von Fernerkundungsdaten für die Volkswirtschaft. So erzielt die Sowjetunion aus der Nutzung von Satelliteninformationen einen jährlichen Nutzen von mehreren hundert Millionen Rubel. Mehrere Länder betreiben eigenständige Erdbeobachtungssatelliten (UdSSR, USA, Indien und Frankreich, VR China), bzw. arbeiten an deren Realisierung (u. a. Kanada, Japan, Brasilien). Das „Spot“-Projekt (Satellite Probatoire l'Observation de la Terre – Satelliten-System zur Beobachtung der Erde) wurde 1978 von der französischen Regierung beschlossen; mit der Durchführung beauftragte man das französische Raumfahrtzentrum CNES. Schweden und Belgien beteiligten sich gleich zu Beginn der Arbeiten an diesem Vorhaben.

Als im Frühjahr 1984 Vorschläge über mögliche Anwendungen des „Spot“-Satellitensystems erbeten wurden, kamen 300 Vorschläge aus 48 Ländern, zumeist aus westlichen Industriestaaten, aber auch aus Entwicklungsländern wie Indien und Pakistan. Bereits im Oktober 1985 sollte der Start von „Spot 1“ erfolgen, mußte aber auf Grund des „Ariane“-Versagens im September 1985 verschoben werden.

### Start und Umlaufbahn

Am 22. Februar 1986, um 01.45 WZ, startete vom Raumfahrtzentrum Kourou in Französisch-Guayana eine dreistufige „Ariane 1“-Rakete mit „Spot“ und dem ersten schwedischen Forschungssatelliten „Viking“, der geophysikalische Untersuchungen durchführt. Der letzte Einsatz dieser Trägervariante war der 16. „Ariane“-start, von denen 13 erfolgreich waren. 15 Minuten nach dem Abheben wurden beide

Satelliten abgesetzt und stiegen in eine polare Umlaufbahn. „Spot 1“ (astr. Bez.: 1986-19A) erreichte folgende Parameter: Bahnneigung 98°74'; Perigäum bzw. Apogäum 824 und 829 km; Umlaufzeit 101,49 Minuten. Diese sonnen-synchrone Bahn hat den wesentlichen Vorteil, daß bestimmte Punkte auf der Erdoberfläche beim Überflug stets dieselben Lichtverhältnisse aufweisen; alle 26 Tage überfliegt ein Satellit denselben Ort.

### Aufbau und Arbeitsweise des optisch-elektronischen Systems

„Spot 1“ besitzt zwei identische, hochauflösende Kameras (Bezeichnung HRV) von 2,5 m Höhe und je 250 kg Masse (Abb. 1), die entweder Aufnahmen in drei Spektralbereichen mit 20 m oder einfarbige Bilder mit 10 m Auflösung erlauben (Tab. 1). Das in die Kameras einfallende Licht trifft nach dem Weg durch die Optik auf 6000 nebeneinander angeordnete CCD-Detek-

Tabelle 1: Technische Daten des „Spot“-Satelliten.

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| Gesamtmasse                     | 1830 kg                    |
| Solarzellenflächen (Leistung)   | 1 kW                       |
| Solarzellenflächen (Spannweite) | 15,60 m                    |
| Umlaufhöhe                      | 832 km                     |
| Hauptkörper                     | 2 x 2 x 3,5 m <sup>3</sup> |
| projektierte aktive Lebensdauer | 2 Jahre                    |

| Daten des Bildensors und Abtastmöglichkeiten |                |                 |
|--|----------------|-----------------|
| Spektralbänder                               | multispektrale | panchromatische |
|  | Abtastung      | Abtastung       |
|  | 0,50—0,59 µm   | 0,51—0,73 µm    |
|  | 0,61—0,68 µm   |                 |
|  | 0,79—0,89 µm   |                 |
| Öffnungswinkel                               | 4,13 Grad      | 4,13 Grad       |
| Größe des kleinsten aufgelösten Objekts      | 20 m x 20 m    | 10 m x 10 m     |
| Bildpunkte je Abtastzeile                    | 3000           | 6000            |
| Breite des abgetasteten Feldes               | 60 km          | 60 km           |
| Bildübertragungsrate                         | 25 Mbit/s      | 25 Mbit/s       |

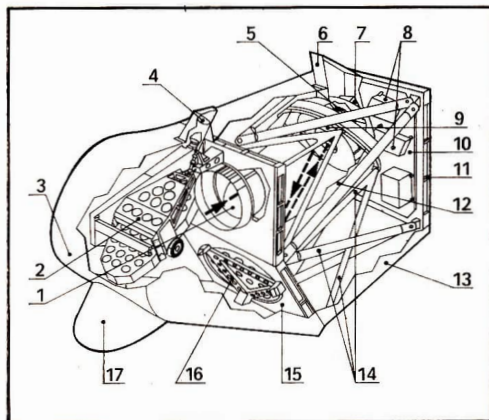


Abb. 1: Hochoflösende HRV-Kamera (High Resolution in Visible) für den sichtbaren Bereich.

- 1 - Eingangskorrektur-Linse
- 2 - Sichtwechselsteuerung
- 3 - Haube
- 4 - Elcheinheit
- 5 - Feldkorrektur-Linse
- 6 - Sonnenschutz
- 7 - Sensoreinheit
- 8 - Elektronikbaugruppen
- 9 - Umlenkspiegel
- 10 - Instrumenten-Montageplatte
- 11 - Trägergestell (Vorderseite)
- 12 - innerer Teleskop-Schutzschirm
- 13 - starke Isolation
- 14 - Karbon-Fiber-verstärkte Kunststoffstangen
- 15 - Trägerplatte
- 16 - Konkavspiegel
- 17 - Schutzklappe für den Eingang

toren (engl. Charge-Coupled-Device; sehr kleine Halbleiterelemente), die innerhalb von 1,5 Mikrosekunden einen 60 km breiten Erdstreifen abbilden (Abb. 2). Nach dieser Zeitspanne ist „Spot“ etwa 10 m weitergefliegen und erfasst den nächsten Erdstreifen. Dieses Verfahren liefert pro Sekunde  $24 \cdot 10^6$  bit, die von den Empfangsstationen bewältigt werden müssen. Bei jedem Umlauf können durch beide, nebeneinander angebrachte Kameras 117 km breite Streifen innerhalb eines 950 km breiten Bandes abgetastet werden (Abb. 3 und 4). Wenn ein gleicher Streifen bei zwei Umläufen aufgenommen wird, lassen sich Stereofotos auf der Erde zusammensetzen (Abb. 5).

### Bodenanlagen

Zwei zentrale Empfangsstellen befinden sich in Aussaguel (bei Toulouse, Frankreich) und bei Kiruna (Schweden). Beide Stationen können alle Bilder vom Nordpolgebiet, von Nordafrika und Europa direkt empfangen und teilweise auch weiterverarbeiten. Bilder anderer Gebiete werden an Bord von „Spot“ 1 auf Magnetband aufgezeichnet und bei Bedarf übermittelt (50 Mbit/s Übertragung im 8 GHz-Band).

Weitere Empfangsstellen liegen in Kanada (Prince Albert, Saskatchewan und Gatineau, Quebec), Hyderabad (Indien), Beijing (VR China) und Saudi-Arabien. Australien, Brasilien und Pakistan sind ebenfalls daran interessiert.

Abb. 2a: Prinzipieller Aufbau der HRV-Kameras.

Abb. 2b: Das einfallende Licht gelangt auf ein Doppelprisma (Divoli); die Prismengrenzfläche teilt es in eine horizontale und vertikale Komponente auf. Vier CCD-Arrays (Zeilenstreifen) erfassen ohne „Abtastlücken“ die gesamte Zeile.

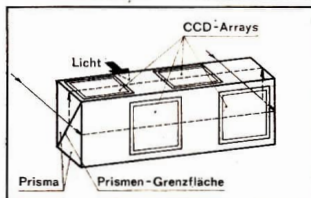
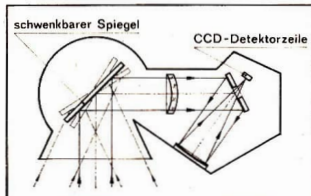


Abb. 3: Maximal 117 km breite Erdstreifen erfassen beide HRV-Kameras.

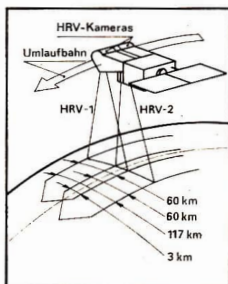
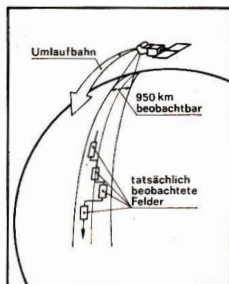


Abb. 4: Bei einem Umlauf kann innerhalb eines 950 km breiten Bandes die Erdoberfläche beobachtet werden.



### Bilddatenverarbeitung und Vermarktung

Die vom „Spot“-Satelliten zur Erde gefunkten Daten werden – je nach Kundenwunsch – zu folgenden Produkten verarbeitet:

*Stufe 1A:* Weitergabe der unkorrigierten Telemetriempfangsdaten.

*Stufe 1B:* Korrigierte Daten, bei denen radiometrische und geometrische Korrekturen durchgeführt wurden.

*Stufe 2:* Weitere kartografische Überarbeitungen des Materials als: Computerband, Filmnegativ, Foto (24 × 24 cm<sup>2</sup> oder größer).

Das seit 1982 bestehende Unternehmen „Spot Image“ in Toulouse und dessen Tochtergesellschaft „Spot Image Corporation“, ansässig in den USA (Washington, D. C.) und für den nordamerikanischen Markt zuständig, vertreiben die Bilddaten. Beteiligt sind u. a. Schweden und Belgien mit insgesamt 10 %, Frankreichs Raumfahrtbehörde CNES mit 39 %, die Firmen Matra und SEP, einige staatliche französische Institute sowie französische Banken.

Inzwischen ist die Zahl der Nutzerländer enorm angewachsen, u. a. durch die USA, China, Israel, Polen, Chile, Japan, Indien, Großbritannien und die BRD. Die Kosten für eine 60 × 60 km<sup>2</sup> große „Szene“ betragen:

850 FF für Schwarz/Weiß-Fotos mit 20 Meter Auflösung im Format 50 × 50 cm<sup>2</sup>;

2500 FF mit höherer Auflösung (10 m, Schwarz/Weiß) und Farbe (20 m).

Die Bilddaten sollen hauptsächlich für folgende Bereiche genutzt werden:

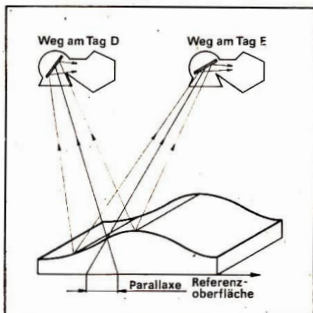
- Planung städtischer und ländlicher Regionen = 21 %
- Geologie; Ausbeutung von Mineralien, Öl = 18 %
- Überwachung der Erde = 15 %

- Beobachtung von Forsten und Wäldern = 6,5 %
- Küste und Meer = 8 %
- Wasserressourcen = 5 %
- Umwelt = 10 %
- Kartografie („Spot“-Aufnahmen bis M 1: 50 000) = 10 %

### Zukunftspläne

Da das Interesse an hochauflösenden Bildern aus der Weltraumperspektive groß ist, plant Frankreichs Raumfahrtbehörde bereits Ende der 80er Jahre den Start von „Spot 2“. In den

Abb. 5: Um dreidimensionale Bilder auf der Erde herstellen zu können, wird ein Gebiet bei zwei Erdumflügen aus zwei verschiedenen Perspektiven [bis zu 27 Grad zum Nadir (Senkrechte zum Erdboden)] aufgenommen.





neunziger Jahren sollen „Spot 3“ und „Spot 4“ zum Einsatz kommen – eine neue Generation dieses Satellitentyps, deren aktive Lebensdauer mindestens vier Jahre betragen soll.

Die Militärs interessieren sich ebenfalls für diese Technik. So plant die französische Armee einen Aufklärungssatelliten, der auf „Spot“-Technologien aufbauen soll.

Die hochmoderne, leistungsfähige „Spot“-Technik könnte eines Tages vielleicht mit dazu beitragen, die Zielstellung der Sowjetunion zu realisieren, ein weltweites internationales Umweltüberwachungssystem zu schaffen, dessen Ergebnisse allen Ländern über ein weltumspannendes Informationssystem laufend verfügbar wären und ausschließlich friedlichen Zwecken dient.

Lit.: Brauer, W.: Präzise Bilder der Erde – aus 800 km Höhe. HZ, 28. 5. 1986. – Christy, R. D.: Satellite Digest – 192. Spaceflight 28 (1986) 5, S. 216. – Gabel, J.: Landkarten aus dem Orbit. ntz 38 (1985) 5, S. 346 – 348. – ders.: „Spot“-Erderkundung als Dienstleistung. ntz 39 (1986) 5, S. 347. – „Spot“ – A complete satellite – based remote sensing system. CNES-Publ., Oktober 1985.

## Neue Wettersatellitengeneration METEOSAT-OPERATIONAL

Als Nachfolge des präoperationellen Wettersatellitenprogramms METEOSAT der westeuropäischen ESA, das seit dem Start von METEOSAT 1 am 23. 11. 1977 betrieben wird und seit dessen Ausfall mit dem Reservesatelliten METEOSAT 2 (Start 19. 06. 1981) arbeitet, wird derzeit das operationelle Programm METEOSAT-OPERATIONAL (MOP) vorbereitet, das bis Mitte der 90er Jahre funktionieren soll. Der Start von MOP 1 mit einem ARIANE 4-Träger ist nunmehr auf Februar 1988 (ARIANE-Mission V 27) festgelegt, MOP 2 soll Juli 1989 mit ARIANE 4 – V 39 folgen. In Auftrag gegeben sind insgesamt 4 Modelle. Projektträger des operationellen Systems ist die multinationale westeuropäische Gesellschaft EUMETSAT, die auch die Verteilung der MOP-Daten und -Bilder steuert. Hauptauftragnehmer für den Bau der Satelliten ist AEROSPATIALE (Frankreich).

Technisch unterscheiden sich die neuen Satelliten nur unwesentlich von den bisherigen METEOSAT-Typen. Kernstück der Ausrüstung ist

ein Radiometer, das im 30 Minuten-Rhythmus Bilder gewinnt. Gearbeitet wird dabei in drei Spektralbereichen, wobei die neuen Satelliten in Teilspektren des sichtbaren Bereichs zwei Bilder gewinnen werden:

- Sichtbarer Bereich 0,4–1,1  $\mu\text{m}$   
Diese Bilder dienen zur Ermittlung großflächiger Wolkenbewegungen sowie zur Bestimmung von Windrichtung und -geschwindigkeit aus den Wolkenbewegungen.
- IR-Bereich 10,5–12,5  $\mu\text{m}$   
Diese Bilder dienen vor allem zur Ermittlung der Temperaturen von Land- und Wassermassen sowie von Wolken mit  $\pm 1^\circ\text{C}$  Genauigkeit.
- Spektralbereich des Wasserdampfs 5,7 bis 7,1  $\mu\text{m}$   
Diese Bilder dienen vor allem zur Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der Wolken.

Die neuen METEOSAT-Satelliten werden die Bilddaten aller Spektralbereiche jeweils gleichzeitig zur Erde übertragen. Ein IR-Bild setzt sich dabei aus 6,25 Mill. Bildpunkten zusammen. Im sichtbaren Bereich ergeben sich 25 Mill. Bildpunkte pro Vollbild, das jeweils zwei Sensoren die Erdoberfläche bzw. Wolkenregionen gleichzeitig abtasten. Die Bildinformationen werden zum ESOC-Kontrollzentrum Darmstadt übermittelt, hier bearbeitet und unter Nutzung der Satelliten als Verteilersatelliten an die Nutzer weitergeleitet. Das geschieht über zwei getrennte Kanäle, zwischen denen der Nutzer wählen kann und von denen einer digitale Signale hoher Auflösung zur rechnergestützten Weiterverarbeitung vermittelt, der andere analoge Bilder zur optischen und manuellen Weiterverarbeitung. Wie die bisherigen METEOSAT-Satelliten wird auch die neue Generation schließlich als Datensammelsystem für Wetterdaten von automatisch arbeitenden Datensammelplattformen beliebiger Stationierung dienen und Dienstkanäle für Datenübertragungen zwischen Einrichtungen und Institutionen der Wetterdienste bereitstellen. Die neuen Modelle enthalten hierfür zwölf je 30 MHz breite Kanäle, von denen jeweils acht gleichzeitig belegbar sind.

Bereits heute sind Überlegungen im Gange für eine Nachfolgenergeneration der MOP-Serie, die in der zweiten Hälfte der 90er Jahre zum Einsatz kommen soll und dann das Wettergeschehen mit Hilfe von Radar dreidimensional erfassen soll.

H.-D. NAUMANN

## Kleinplanet „Berolina“

F. BÖRNGEN

Das Stadtjubiläum von Berlin ist Anlaß, auf eine astronomische Aktivität in Berlin Ende des vergangenen Jahrhunderts hinzuweisen, die zur Benennung eines Planetoiden nach der Stadt Berlin geführt hat. In der 1889 eröffneten Urania-Sternwarte in der Invalidenstraße beobachtete Gustav Witt (1866–1946) in zwei aufeinanderfolgenden Nächten am 8. und 9. Oktober 1896 ein bewegtes Objekt, dessen Helligkeit er mit der 12. Größe angab. Witt, der 1893 als Mitarbeiter der Urania-Sternwarte eingestellt worden war, vermutete sofort, daß es ein neuer Planetoid sein würde. Das Objekt erhielt die provisorische Bezeichnung 1896 DA und konnte unabhängig davon auch am 30. Oktober sowie 1. November 1896 an der Königlichen Sternwarte in München beobachtet werden. Das für die Numerierung eines Planetoiden damals zuständige Königlich Astronomische Recheninstitut in Berlin-Dahlem entschied schon im Januar 1897, dem Planetoiden 1896 DA die permanente Nummer (422) zu geben, obwohl zu diesem Zeitpunkt von dem Objekt nur ein Bahnstück von 23 Tagen bekannt war. Offenbar war man sich sicher, daß die Bahnelemente so genau waren, daß der Planetoid nicht mehr verloren gehen und in späteren Oppositionen wieder auffindbar sein würde. Das hat sich bestätigt.

G. Witt, der aus Berlin stammte und Sohn eines Fuhrunternehmers war, gab dem Objekt im März 1897 den Namen Berolina. Er ehrte damit seine Vaterstadt und die in ihr gelegene Urania-Sternwarte, die ihm die Entdeckung ermöglicht hatte. Bis heute ist es in der Kleinplanetenastronomie üblich, Asteroiden zu Namensvettern der Sternwarte zu machen, an der die entscheidenden Beobachtungen zur Sicherung eines Objektes gemacht worden sind. Die Überführung des Namens Berlin in eine dem Latein angelegene und weibliche Form entspricht dem damals gebräuchlichen Prinzip, nach dem kleine Planeten – mit wenigen Ausnahmen – weibliche Namen tragen mußten.

Wesentlich bekannter wurde G. Witt (später zum Leiter der Urania-Sternwarte und zum Professor ernannt) durch die kurz darauf erfolgte Entdeckung eines weiteren Asteroiden in der Nacht vom 13./14. August 1898. Dieser erhielt die Nummer (433) und wurde von Witt nach dem griechischen Gott der Liebe Eros benannt. Der Name weist bereits daraufhin, daß das Objekt ungewöhnliche Eigenschaften besitzt. Es stellte sich heraus, daß dieser Planetoid den sehr kleinen mittleren Abstand von nur 1,46 astronomischen Einheiten von der Sonne besaß. Ein derart naher Kleinplanet mit so extremer Bahn war bis dahin nicht bekannt. Er kann sich der Erde bis auf 0,15 AE, das entspricht etwa 22 Mill. km, nähern. G. Witt hatte damit in Berlin den ersten Planetoiden vom Amor-Typ gefunden.

Ist diese extragalaktische SN noch heller als die freisichtige von 1885 nahe des Zentrums von M 31 (S And). Zur Erinnerung: Die letzte freisichtige galaktische SN (1004 im Sternbild Schlangenträger) sah auch J. Kepler Außergewöhnlich erscheint die SN 1987A deshalb, weil sie die erste beobachtete vom Typ II in einer irregulären Galaxie ist. Zudem ist ihre absolute Helligkeit recht klein: SN weisen (von wenigen Ausnahmen abgesehen) Werte zwischen  $-14^m$  bis  $-21^m$  auf. Sollte die scheinbare Helligkeit der jetzigen SN vom 24. Februar mit  $4^m$  0 nun das Maximum gewesen sein, dann folgt aus der Entfernung der LMC von rund 54 kpc die absolute Helligkeit zu  $M = -14^m$ .

Natürlich ist die SN 1987A ein ausgezeichnetes Objekt für terrestrische wie orbitale spektrophotische und spektrometrische Untersuchungen relativ hoher Dispersion. Überraschend für die Fachleute war der bisher schnellste je beobachtete Helligkeitsabfall im UV, der dann aber plötzlich aufhörte. Durch die Helligkeitsabnahme konnte auch das Objekt „Sanduleak-69202“ wieder gesehen werden, das damit als mögliche SN auscheidet. Dieses Objekt hat aber zwei sehr massearme Begleit-Zwergsterne. Wäre einer davon die SN, dann wäre man schon jetzt um neue Erkenntnisse reicher:

- Es gibt so schwache und doch so schnelle Supernovae.
- Nickel ist in extragalaktischen Systemen spektrometrisch nachweisbar. (Bisher war dies erst einmal gelungen gewesen.)

Lit.: IAU 4316 bis 4346

H. A.

## Komet Wilson (1986)

Der Komet wurde am 5. August 1986 durch Christine Wilson auf einer Platte der 1,2m-Schmidt-Kamera des Mont Palomar Observatory entdeckt. Trotz der relativ großen Perihelidistanz von 1,2 AE wurde der Komet etwa  $4^m$  hell, er konnte zu dieser Zeit aber nur von der südlichen Halbkugel aus beobachtet werden.

| Datum      | RA<br>(1950.0)                     | Dekl.     | $\delta$ | $r$  | $m_1$             |
|------------|------------------------------------|-----------|----------|------|-------------------|
| 1987 09 02 | 09 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 73 | +00°52'4" | 3.23     | 2.29 | 10 <sup>m</sup> 7 |
| 1987 09 12 | 09 41.65                           | +01.06.0  | 3.29     | 2.40 | 10.9              |
| 1987 09 22 | 09 44.73                           | +01.17.5  | 3.31     | 2.51 | 11.0              |
| 1987 10 02 | 09 46.78                           | +01.29.0  | 3.30     | 2.62 | 11.1              |
| 1987 10 12 | 09 47.60                           | +01.42.9  | 3.27     | 2.73 | 11.2              |
| 1987 10 22 | 09 46.93                           | +02.01.4  | 3.21     | 2.84 | 11.3              |
| 1987 11 01 | 09 44.47                           | +02.27.0  | 3.14     | 2.95 | 11.3              |
| 1987 11 11 | 09 39.91                           | +03.02.2  | 3.05     | 3.06 | 11.3              |

Lit.: International Comet Quarterly, Vol. 9, Nr. 1, 1987. KARSTEN KIRSCH

## Eine außergewöhnliche Supernova: Die SN 1987A in der LMC

Am 24. Februar 1987 entdeckte Jan Shelton auf einer dreistündigen Aufnahme mit dem 25 cm-Astrographen der Universität Toronto (Station Las Campanas) in der Großen Magellanschen Wolke (LMC) eine Supernova der scheinbaren Helligkeit  $+5^m$ , die am 26. Februar von R. McNaught um 18<sup>h</sup> UT bereits mit  $+4^m$  0 in ihrer größten scheinbaren visuellen Helligkeit beobachtet wurde. Damit

### Vorschau auf Heft 5/1987

30 Jahre Raumfahrt • Neue Daten von den Uranusringen • Satelliten-Datensammelsysteme • Spiegelteleskope (I) • DATA: Kalender • Chronometrische Dienste Berliner Sternwarten • GY Cygni • Komet Borrelly günstig beobachtbar • SN 1987 A • Raumfahrtstatistik 1986/2

## Rendezvous zweier Kometen

Zu einer engen Begegnung zweier Kometen kommt es Anfang September. P/Klemola und P/Brooks 2 fliegen in „nur“ 5 Millionen Kilometer Abstand (0.03 AE) aneinander vorbei. Diese geringe Entfernung kann bei der großen Koma von Kometen zu physikalischen Wechselwirkungen führen. Der Durchmesser der Wasserstoffkrona der Kometen kann 2–3 Mill. km betragen; bei P/Halley wurden die ersten Protonen beim Vorbeiflug von Giotto bereits 7 Mill. km vom Kern entfernt registriert.

Die Verfolgung des Gruppenfluges der Kometen ist sicher auch eine reizvolle Aufgabe für Amateurastronomen. Die Helligkeit der Objekte liegt im Bereich des für einige Amateursternwarten Möglichen; außerdem befinden sich die Kometen fast in Opposition. Während die geringste räumliche Entfernung am 17. September eintritt, wird der kleinste scheinbare Abstand bereits am 7. September erreicht und beträgt etwa 1<sup>m</sup>5. Zu dieser Zeit macht der Vollmond die Beobachtung unmöglich, doch auch 10 Tage vorher oder danach beträgt der Abstand nur rund 2<sup>m</sup> (Abb.).

Das Rendezvous findet in der Nähe der Ekliptik statt, die ja auch beliebiger Aufenthaltsort der kleinen Planeten ist. Tatsächlich kommt es zu Begegnungen mit mehreren Planetoiden, darunter die drei helleren: 302 Clarissa, 482 Petrina und 161 Athor. Die visuelle Helligkeit der beiden ersten wird etwa 13<sup>m</sup>5 und die von 161 Athor etwa 11<sup>m</sup>5 betragen.

482 Petrina steht am 28. 8. rund 0<sup>m</sup>7 westlich von P/Brooks 2, am 2. 9. 0<sup>m</sup>5 südlich und am 7. 9. 1<sup>m</sup>1 südwestlich desselben. Er nähert sich dann P/Klemola, dessen Bahn er am 12. September kreuzen wird. Der Abstand zum Kometen beträgt zu dieser Zeit nur 0<sup>m</sup>1. 161 Athor steht am 22. September noch 2<sup>m</sup>2 südöstlich von P/Klemola, nähert sich diesem an und schneidet zwischen dem 29. und 30. September die Bahn des Kometen. Die geringste Entfernung der beiden Objekte zueinander wird dann 0<sup>m</sup>2 betragen.

Lit.: [1] Nakano, S. (Ed.), Comet Handbook 1987. In: International Comet Quarterly 9 (1987), Nr. 1. – [2] Ephemeriden Kleiner Planeten 1987. Herausg.: Institut für Theoretische Astronomie, Leningrad 1985.

K. KIRSCH

### Ephemeriden der Kometen

(berechnet von Manfred Rätz)

#### P/Klemola

| Datum      | RA<br>(1950.0)                    | Dekl.                | $\delta$ | $r$   | $m_1$             |
|------------|-----------------------------------|----------------------|----------|-------|-------------------|
| 1987 08 28 | 00 <sup>m</sup> 25 <sup>m</sup> 1 | +05 <sup>m</sup> 22' | 0.886    | 1.812 | 11 <sup>m</sup> 6 |
| 1987 09 02 | 00 26.5                           | +04 28               | 0.876    | 1.823 | 11.6              |
| 1987 09 07 | 00 27.2                           | +03 28               | 0.870    | 1.836 | 11.6              |
| 1987 09 12 | 00 27.3                           | +02 24               | 0.869    | 1.850 | 11.7              |
| 1987 09 17 | 00 26.9                           | +01 17               | 0.873    | 1.865 | 11.7              |
| 1987 09 22 | 00 26.2                           | +00 09               | 0.883    | 1.881 | 11.8              |
| 1987 09 27 | 00 25.3                           | —00 57               | 0.897    | 1.899 | 11.8              |
| 1987 10 02 | 00 24.2                           | —02 00               | 0.918    | 1.917 | 11.9              |

#### P/Brooks 2

| Datum      | RA<br>(1950.0)                    | Dekl.                | $\delta$ | $r$   | $m_1$             |
|------------|-----------------------------------|----------------------|----------|-------|-------------------|
| 1987 08 28 | 00 <sup>m</sup> 31 <sup>m</sup> 6 | +04 <sup>m</sup> 28' | 0.981    | 1.896 | 13 <sup>m</sup> 0 |
| 1987 09 02 | 00 32.8                           | +04 09               | 0.948    | 1.886 | 12.9              |
| 1987 09 07 | 00 33.4                           | +03 44               | 0.919    | 1.878 | 12.9              |
| 1987 09 12 | 00 33.4                           | +03 14               | 0.895    | 1.870 | 12.8              |
| 1987 09 17 | 00 32.9                           | +02 38               | 0.876    | 1.863 | 12.7              |
| 1987 09 22 | 00 31.9                           | +01 59               | 0.861    | 1.858 | 12.7              |
| 1987 09 27 | 00 30.6                           | +01 18               | 0.852    | 1.853 | 12.6              |
| 1987 10 02 | 00 29.2                           | +00 36               | 0.849    | 1.849 | 12.6              |

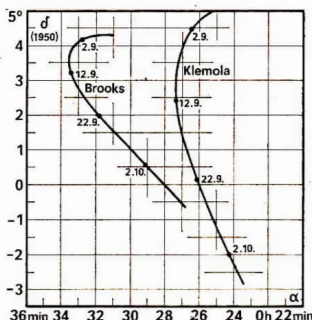


Abb. 1: Das „Rendezvous“ der beiden Kometen P/Klemola und P/Brooks 2.

### Bahnelemente der Kometen [1]

| Komet           | P/Klemola      | P/Brooks 2     |
|-----------------|----------------|----------------|
| Periheltermin   | 1987 Juli      | 1987 Okt.      |
|                 | 22.6386        | 16.5421        |
| Periheldistanz  | 1.772757       | 1.844778 AE    |
| Exzentrizität   | 0.640455       | 0.490649       |
| Umlaufzeit      | 10.9           | 6.89 Jahre     |
| Perihelargument | 154.5425       | 198.1407°      |
| Knotenlänge     | 175.7850       | 176.2498°      |
| Bahneigung      | 10.9563        | 5.5497°        |
| Epoche          | 1987 Juli 24.0 | 1987 Okt. 12.0 |

### Ephemeriden der drei hellen Planetoiden [2]

| Planetoid    | Datum      | RA<br>(1950.0)                    | Dekl.                |
|--------------|------------|-----------------------------------|----------------------|
| 302 Clarissa | 1987 08 23 | 00 <sup>m</sup> 32 <sup>m</sup> 6 | +01 <sup>m</sup> 55' |
|              | 1987 09 02 | 00 28.1                           | +01 40               |
|              | 1987 09 12 | 00 21.1                           | +01 11               |
|              | 1987 09 22 | 00 12.2                           | +00 33               |
| 482 Petrina  | 1987 08 23 | 00 36.5                           | +04 45               |
|              | 1987 09 02 | 00 32.9                           | +03 38               |
|              | 1987 09 12 | 00 27.6                           | +02 18               |
|              | 1987 09 22 | 00 21.2                           | +00 50               |
| 161 Athor    | 1987 10 02 | 00 14.4                           | —00 40               |
|              | 1987 09 12 | 00 43.4                           | —01 08               |
|              | 1987 09 22 | 00 38.6                           | —01 17               |
|              | 1987 10 02 | 00 22.8                           | —01 25               |
|              | 1987 10 12 | 00 12.6                           | —01 27               |

Verkaufe unbenutztes Cassegrainsystem 250/250 m. Fassung f. Hauptspiegel (2500 M); neuwert. Telemotor 63/840 mm m. T-Montierung und Holsdreibeinstativ sowie Okularen 6-0, 10-0, 16-0 und 25-H (zus. 1500 M). Sascha Neef, H.-Beimler-Str. 7, Hirschfeld, 9501.



## für den rechnenden Sternfreund

### Die Berechnung einiger planetarer Phänomene

JEAN MEEUS

Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Methoden zur Berechnung solcher planetarer Phänomene wie die größten Elongationen der Venus oder den Zeitpunkt einer Opposition des Mars:

1. entweder den Vergleich genauer Positionen der Planeten (z. B. entnommen aus dem *Astronomical Almanac*) mit denen der Sonne
2. oder die Benutzung von Formeln, in denen ein mittlerer Wert durch eine Summe periodischer Terme korrigiert wird.

Die erste Methode hat den Vorteil, daß sie sehr genaue Ergebnisse liefert, weil sehr genaue Positionen benutzt werden. Ein Hindernis ist jedoch, daß genaue Ephemeriden gebraucht werden, und diese sind im allgemeinen für die Zukunft oder die fernere Vergangenheit nicht zu bekommen.

Mit der zweiten Methode können die Berechnungen für jedes beliebige Jahr durchgeführt werden. Die Ergebnisse, wenn auch nicht so genau wie die aus der ersten Methode, sind für viele Anwendungsfälle, wie historische Forschung oder erste Näherungen für exakte Rechnungen völlig ausreichend.

### Allgemeine Bemerkungen für die Benutzung der Formeln

In diesem Artikel geben wir die Formeln zur Berechnung einiger Konfigurationen der mit bloßem Auge sichtbaren Planeten (Merkur bis Saturn). Die folgenden Symbole werden benutzt:

- RND (x)** „runden“, bedeutet, daß die Größe  $x$  auf die nächste ganze Zahl gerundet werden soll, z. B.  $\text{RND}(6.89) = 6$ ,  $\text{RND}(17.79) = 18$ ,  $\text{RND}(-33.81) = -34$
- Y** ist eine genäherte Zeit des gewünschten Phänomens, ausgedrückt in Jahren mit Dezimalen. 1981.0 bedeutet z. B. den Beginn des Jahres 1981, während die Jahresmitte von 1978 mit 1978.5 bezeichnet wird, usw.
- T** ist die Zeit, ausgedrückt in Jahrhunderten, gezählt vom Beginn des Jahres 1900, positiv (negativ) für die Jahre nach (vor) 1900
- k** ist immer eine ganze Zahl. Aufeinanderfolgende Werte von  $k$  geben die Resultate für aufeinanderfolgende planetare Phänomene, wobei der Wert  $k = 0$  dem ersten Phänomen nach 1900 Januar 1 entspricht. Für Jahre vor 1900 nimmt  $k$  negative Werte an.
- JDE<sub>0</sub>** ist die Zeit der mittleren planetaren Konfiguration (berechnet aus kreisförmigen und gleichförmigen Planetenbewegungen). Die Zeit JDE der wahren Konfiguration erhält man durch Addieren einer Korrektur  $\nu$ , die als

eine Summe von periodischen Termen gegeben ist, welche Funktionen eines Winkels  $M$  sind. Es sollte angemerkt werden, daß für die Zeiten und Werte der größten Elongationen von Merkur und Venus mit dem JDE<sub>0</sub> der mittleren unteren Konjunktion begonnen wird.

**M** ist ein Winkel, ausgedrückt in Grad mit Dezimalen. Abhängig vom Typ des Rechners kann es nötig oder wünschenswert sein, die Winkel durch Addieren eines geeigneten Vielfachen von 360 in den Bereich von 0–360 Grad zu bringen.

**v** ist der Wert der größten Elongation von Merkur und Venus von der Sonne, ausgedrückt in Grad mit Dezimalen. Beachte, daß  $v$  der maximale Winkelabstand des Planeten zum Mittelpunkt der Sonnenscheibe ist, nicht die größte Differenz zwischen den geozentrischen ekliptikalen Längen.

Für JDE<sub>0</sub> erhaltene Wert ist der eines Julianischen Ephemeridentages, weswegen er in Ephemeridenzeit gegeben ist. Die Reduktion auf den Julianischen Standardtag JD, basierend auf Weltzeit UT, kann durch Subtrahieren der Größe  $\Delta T$ , die durch

$$\Delta T = -0.00084 T + 0.000347 T^2 \text{ (in Tagen)}$$

gegeben ist, erfolgen.

Diese Formel ist empirisch und basiert ausschließlich auf einer statistischen Analyse von Beobachtungen. In Wirklichkeit zeigt die Änderung von  $\Delta T$  unregelmäßige (und deshalb unberechenbare) Schwankungen auf Grund von Unregelmäßigkeiten in der Erdrotation. Für viele Anwendungsfälle, wie historische Untersuchungen, ist es jedoch besser, eine genäherte Korrektur anzubringen, als überhaupt keine.

Zwischen den Jahren 1500 und 2100 kann die Korrektur  $\Delta T$  für unsere Zwecke vernachlässigt werden.

Hier der Wert von  $\Delta T$  für einige Jahre:

| Jahr  | $\Delta T$ |
|-------|------------|
| —1000 | 0.267 Tage |
| — 500 | 0.180      |
| + 500 | 0.056      |
| +1000 | 0.021      |
| +1500 | 0.002      |
| +2100 | 0.003      |
| +2500 | 0.018      |
| +3000 | 0.051      |

Aus dem JD kann das entsprechende Kalenderdatum mit Hilfe von Standardverfahren ermittelt werden.

### I. Merkur, untere Konjunktion

$$\begin{aligned} k &= \text{RND}[3.15197(Y - 1900.25)] \\ \text{JDE}_0 &= 2415110.615 + 115.8774777 k \end{aligned}$$

Die mittlere Anomalie Merkurs zu diesem Zeitpunkt ist

$$M = 113.1080 + 114.2093922 k$$



Korrektur für die untere Konjunktion

$$\begin{aligned} \tau = & +0.0573 + 0.00016 T \\ & + (-7.0041 - 0.00265 T) \sin M \\ & + (0.9264 + 0.00008 T) \sin 2M \\ & + (-0.1707 + 0.00005 T) \sin 3M \\ & + 0.0369 \sin 4M \\ & + (-0.2881 - 0.00150 T) \cos M \\ & + (0.1485 + 0.00065 T) \cos 2M \\ & + (-0.0450 - 0.00023 T) \cos 3M \\ & + (0.0132 + 0.00009 T) \cos 4M \end{aligned}$$

Beachte, daß sich die Koeffizienten dieser periodischen Terme langsam mit der Zeit wegen säkularer Variationen der Planetenbahnen ändern.

Die geringste Distanz  $d$  des Merkur vom Zentrum der Sonnenscheibe während der unteren Konjunktion, ausgedrückt in Sonnenhalbmessern, ist

$$\begin{aligned} d = & -0.9921 - 0.01021 T + 0.00003 T^2 \\ & + (13.6090 - 0.04550 T - 0.00035 T^2) \sin M \\ & + (-2.6838 + 0.00885 T - 0.00001 T^2) \sin 2M \\ & + (0.6028 - 0.00217 T + 0.00001 T^2) \sin 3M \\ & + (-0.1453 + 0.00073 T - 0.00001 T^2) \sin 4M \\ & + (7.8261 + 0.09340 T - 0.00012 T^2) \cos M \\ & + (-1.7693 - 0.01948 T + 0.00004 T^2) \cos 2M \\ & + (0.4578 + 0.00477 T - 0.00001 T^2) \cos 3M \\ & + (-0.1333 - 0.00123 T) \cos 4M \end{aligned}$$

Die Größe  $d$  ist positiv (negativ), wenn Merkur das Zentrum der Sonnenscheibe nördlich (südlich) passiert. Ein Durchgang über die Sonnenscheibe findet offensichtlich statt, wenn  $|d| < 1$ . Weil unsere Formeln nicht exakt sind, kann jedoch eine Unsicherheit dann bestehen, wenn  $d$  nahe an +1 oder -1 ist.

**Beispiel 1:** Berechne die untere Konjunktion des Merkur, die 1981 Oktober 1 am nächsten ist und untersuche, ob ein Durchgang über die Sonnenscheibe stattfindet.

Wir haben 1981 Oktober 1 = 1981.75. Das ergibt

$$\begin{aligned} k &= \text{RND} [3.15197 (1981.75 - 1900.25)] \\ &= \text{RND} (256.89) = 257 \\ \text{JDE}_0 &= 2444891.127 \\ M &= 29.464^\circ 9218 = 304.9218 \\ T &= 0.8175 \end{aligned}$$

Beachte, daß die Koeffizienten von  $T$  in den Formeln für  $\tau$  und  $d$  kleine Größen sind. Aus diesem Grund reicht es,  $T$  mit einer Genauigkeit von 0,01 Jahrhunderten zu nehmen. Der Wert  $T = 0.8175$  resultiert aus dem genäherten Wert Jahr = 1981.75. Wenn nur  $k$  bekannt ist, kann  $T$  aus der Formel für  $k$  ermittelt werden, wenn die RND-Funktion entfernt wird. In unserem Beispiel gibt das

$$\begin{aligned} k &= 257 = 3.15197 (Y - 1900.25) \\ \text{woraus } Y &= 1981.79 \text{ und} \\ T &= (Y - 1900)/100 = 0.8179 \\ \tau &= +4.818 \\ \text{woraus } \text{JDE} &= \text{JDE}_0 + \tau = 2444895.945 \end{aligned}$$

was dem Datum 1981 Oktober 18, 11<sup>h</sup>ET, entspricht. Weiter finden wir  $d = -5.07$ . Das zeigt, daß zu diesem Datum kein Merkurdurchgang stattfindet.

**Beispiel 2:** Finde den ersten Merkurdurchgang nach 1985 Januar 1. Der Wert  $Y = 1985.0$  gibt  $k = \text{RND} (267.13)$ . Die nach 1985 Jan. 1 erscheinenden unteren Konjunktionen werden mit  $k = 268, 269, 270$  usw. ermittelt. Für diese Werte finden wir

$$\begin{aligned} k = 268 \quad d &= +10.10 \quad \text{kein Durchgang} \\ k = 269 \quad d &= -18.02 \quad \text{kein Durchgang} \\ k = 270 \quad d &= +3.69 \quad \text{kein Durchgang} \\ k = 271 \quad d &= +12.77 \quad \text{kein Durchgang} \\ k = 272 \quad d &= -18.93 \quad \text{kein Durchgang} \\ k = 273 \quad d &= +0.52 \quad \text{Durchgang!} \end{aligned}$$

Folglich findet der erste Durchgang für  $k = 273$  statt. Die Berechnung von JDE zeigt, daß das Datum 1986 Nov. 13 ist.

**Beispiel 3:** Gibt es einen Durchgang des Merkur im November 1999? Wir erhalten  $k = 314$ , JDE = 2451498.41 (entsprechend 1999 November 15) und  $d = +1.02$ . Da der letzte Wert sehr nahe 1 liegt, ist das Eintreten eines Durchganges unsicher.

Die genaue Berechnung zeigt, daß der Durchgang von 1999 Nov. 15 ein streifender und für einen Teil der Erdoberfläche nur partieller sein wird.

## II. Merkur, größte Elongationen

Die größten östlichen und westlichen Elongationen des Merkur finden 22 Tage vor bzw. nach der unteren Konjunktion des Planeten statt. Um die Zeiten und Werte der größten Elongationen zu berechnen, beginnen wir mit der am nächsten liegenden unteren Konjunktion. Wir berechnen so die Werte von  $k$ , JDEs und  $M$  mit den in Abschnitt I. gegebenen Formeln. Die Korrekturen  $\tau(E)$  und  $\tau(W)$  zur mittleren unteren Konjunktion des Merkur, die benötigt werden, um die Zeiten der größten östlichen und westlichen Elongationen zu erhalten, sind gegeben durch

$$\begin{aligned} \tau(E) &= -21.6079 + 0.00022 T \\ &+ (-1.1769 - 0.00244 T) \sin M \\ &+ (0.5742 + 0.00086 T) \sin 2M \\ &+ (-0.0358 - 0.00049 T) \sin 3M \\ &+ (0.0067 + 0.00014 T) \sin 4M \\ &+ (2.1300 - 0.00059 T) \cos M \\ &+ (-0.2455 - 0.00067 T) \cos 2M \\ &+ (0.1065 + 0.00004 T) \cos 3M \\ &+ (-0.0209 - 0.00012 T) \cos 4M \\ \tau(W) &= +21.6276 - 0.00019 T \\ &+ (-1.0703 - 0.00184 T) \sin M \\ &+ (0.5999 + 0.00134 T) \sin 2M \\ &+ (0.0066 - 0.00024 T) \sin 3M \\ &+ (0.0054 + 0.00016 T) \sin 4M \\ &+ (-2.5528 - 0.00075 T) \cos M \\ &+ (0.1731 - 0.00010 T) \cos 2M \\ &+ (-0.1053 + 0.00010 T) \cos 3M \\ &+ 0.0039 \cos 4M \end{aligned}$$

Die Werte  $\tau(E)$  und  $\tau(W)$  der größten Elongationen sind

$$\begin{aligned} \varphi(E) &= 22.4696 + 0.00004 T \\ &+ (-4.6487 - 0.00052 T) \sin M \\ &+ (0.1736 + 0.00066 T) \sin 2M \\ &+ (-0.0072 - 0.00018 T) \sin 3M \\ &- 0.0036 \sin 4M \\ &+ (0.1634 - 0.00143 T) \cos M \\ &+ (-0.3227 + 0.00008 T) \cos 2M \\ &+ (0.0520 + 0.00020 T) \cos 3M \\ &+ (-0.0102 - 0.00005 T) \cos 4M \\ \varphi(W) &= 22.4145 - 0.00015 T \\ &+ (4.9623 + 0.00168 T) \sin M \\ &+ (-0.1320 - 0.00056 T) \sin 2M \\ &+ (-0.0070 + 0.00015 T) \sin 3M \\ &+ 0.0049 \sin 4M \\ &+ (0.2707 - 0.00116 T) \cos M \\ &+ (-0.4508 - 0.00048 T) \cos 2M \\ &+ (0.0362 + 0.00008 T) \cos 3M \\ &- 0.0069 \cos 4M \end{aligned}$$

**Beispiel 4:** Finde den Zeitpunkt und den Wert der größten östlichen Elongation des Merkur im September 1981. Wir beginnen mit der unteren Konjunktion vom Oktober 1981, für die wir in **Beispiel 1** fanden

$$\text{JDE}_0 = 2444891.127 \quad M = 304.9218 \quad T = 0.8175$$

Mit diesen Werten für  $M$  und  $T$  finden wir

$$\tau(E) = -19.950 \text{ Tage}, \quad \varphi(E) = 26.2791$$

Der Zeitpunkt der größten Elongation ist deshalb

$$JDE = 2444891.127 - 19.950 = 2444871.177$$

das entspricht 1981 September 23, 16<sup>h</sup>ET, und der Wert ist 26<sup>h</sup>27<sup>m</sup>17<sup>s</sup>

Die Daten für die größte westliche Elongation vom November 1981 können in der gleichen Weise, ausgehend von derselben unteren Konjunktion, aber unter Benutzung der Formeln für  $\tau(W)$  und  $\varphi(W)$ , ermittelt werden.

Es ist wichtig darauf zu achten, daß  $\tau(E)$  und  $\tau(W)$  Korrekturen zu der Zeit JDE<sub>0</sub> der mittleren unteren Konjunktionen sind und nicht zu der wahren Konjunktion.

### III. Merkur, obere Konjunktionen

Wir geben die Formeln ohne weitere Erklärung. Ihr Gebrauch entspricht dem in Abschnitt I.

$$\begin{aligned} k &= \text{RND}[3.15197 (Y - 1900.09)] \\ JDE_0 &= 2415052.624 + 115.8774777 k \\ M &= 236.0033 + 114.209392 k \\ \tau &= (-8.0575 + 0.00134 T) \sin M \\ &\quad + (1.2780 - 0.00129 T) \sin 2M \\ &\quad + (-0.2865 + 0.00053 T) \sin 3M \\ &\quad + (0.0753 - 0.00019 T) \sin 4M \\ &\quad + (0.2717 + 0.00085 T) \cos M \\ &\quad + (-0.0392 - 0.00011 T) \cos 2M \\ &\quad + 0.0086 \cos 3M \\ &\quad - 0.0026 \cos 4M \end{aligned}$$

Berechne zur Übung die erste obere Konjunktion des Merkur im Jahre 1970. Die Ergebnisse sind  $k = 221$ ,  $M = 276^{\circ}27'90''$  und  $JDE = 2440069.101$  (1970 März 28, 14<sup>h</sup>ET).

### IV. Venus, untere Konjunktionen

Wir geben die Formeln für Venus ohne weitere Erklärung. Ihr Gebrauch ist derselbe, wie für Merkur.

$$\begin{aligned} k &= \text{RND}[0.62550 (Y - 1900.52)] \\ JDE_0 &= 2415209.660 + 583.921366 k \end{aligned}$$

Die mittlere Anomalie der Venus zu diesem Zeitpunkt ist

$$M = 185.4051 + 251.513055 k$$

Korrektur für untere Konjunktion

$$\begin{aligned} \tau &= -0.0098 + 0.00022 T \\ &\quad + (2.0005 - 0.00322 T) \sin M \\ &\quad + (0.0983 - 0.00176 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.0053 - 0.00022 T) \sin 3M \\ &\quad + (0.6094 - 0.01037 T) \cos M \\ &\quad + (0.0915 - 0.00094 T) \cos 2M \\ &\quad + (0.0077 - 0.00008 T) \cos 3M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= -0.3475 - 0.00853 T + 0.00008 T^2 \\ &\quad + (29.6045 - 0.19100 T - 0.00310 T^2) \sin M \\ &\quad + (1.1738 - 0.01324 T - 0.00006 T^2) \sin 2M \\ &\quad + (0.0636 - 0.00270 T - 0.00007 T^2) \sin 3M \\ &\quad + (14.0674 - 0.42470 T - 0.00124 T^2) \cos M \\ &\quad + (0.9593 - 0.01017 T - 0.00010 T^2) \cos 2M \\ &\quad + (0.0942 + 0.00083 T - 0.00003 T^2) \cos 3M \end{aligned}$$

Bestimme zur Übung den nächsten Venusdurchgang. Antwort: Er findet für  $k = 65$  statt;  $JDE = 2453164.87$ ; Datum = 2004 Juni 8;  $d = -0.65$ .

### V. Venus, größte Elongationen

Bestimme  $k$ , JDE<sub>0</sub> und  $M$  mit den Formeln des Abschnittes IV. Dann ist

$$\begin{aligned} \tau(E) &= -70.7602 + 0.00026 T \\ &\quad + (1.0271 - 0.00101 T) \sin M \\ &\quad + (-0.0436 - 0.00231 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.0036 + 0.00010 T) \sin 3M \\ &\quad + (0.2823 - 0.00599 T) \cos M \\ &\quad + (0.1699 - 0.00358 T) \cos 2M \\ &\quad + (-0.0019 + 0.00005 T) \cos 3M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau(W) &= +70.7461 + 0.00005 T \\ &\quad + (1.1291 - 0.00244 T) \sin M \\ &\quad + (0.1315 + 0.00206 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.0064 - 0.00007 T) \sin 3M \\ &\quad + (0.4613 - 0.00656 T) \cos M \\ &\quad + (-0.0723 + 0.00214 T) \cos 2M \\ &\quad + (0.0020 - 0.00004 T) \cos 3M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi(E) &= 46.3172 + 0.0012 T \\ &\quad + (0.6925 - 0.00238 T) \sin M \\ &\quad + (0.0311 - 0.00023 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.6729 - 0.00450 T) \cos M \\ &\quad + (0.0038 - 0.00015 T) \cos 2M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi(W) &= 46.3245 - 0.00003 T \\ &\quad + (-0.5338 - 0.00028 T) \sin M \\ &\quad + (-0.0162 - 0.00004 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.3082 + 0.00161 T) \cos M \\ &\quad + (-0.0076 + 0.00007 T) \cos 2M \end{aligned}$$

### VI. Venus, obere Konjunktionen

$$\begin{aligned} k &= \text{RND}[0.62550 (Y - 1901.32)] \\ JDE_0 &= 2415501.630 + 583.921366 k \\ M &= 113.1616 + 215.513055 k \\ \tau &= (+4.2147 - 0.01209 T) \sin M \\ &\quad + (0.2534 - 0.00277 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.0235 - 0.00044 T) \sin 3M \\ &\quad + (-0.6163 - 0.01016 T) \cos M \\ &\quad + (0.0050 + 0.00259 T) \cos 2M \\ &\quad + (0.0026 + 0.00040 T) \cos 3M \end{aligned}$$

### VII. Mars, Oppositionen und geringste Entfernungen zur Erde

$$\begin{aligned} k &= \text{RND}[0.46830 (Y - 1901.15)] \\ JDE_0 &= 2415440.387 + 779.936102 k \end{aligned}$$

Die mittlere Anomalie des Mars zu diesem Zeitpunkt:

$$M = 179.8106 + 48.702634 k$$

Korrektur zu JDE<sub>0</sub>, um die Zeit der Opposition zur Sonne zu erhalten:

$$\begin{aligned} \tau &= -0.3088 - 0.00024 T \\ &\quad + (25.2594 + 0.00008 T) \sin M \\ &\quad + (4.3939 + 0.00191 T) \sin 2M \\ &\quad + (1.1127 + 0.00052 T) \sin 3M \\ &\quad + (0.3304 + 0.00066 T) \sin 4M \\ &\quad + (3.1781 - 0.00372 T) \cos M \\ &\quad + (1.0694 - 0.00181 T) \cos 2M \\ &\quad + (0.4113 - 0.00061 T) \cos 3M \\ &\quad + (0.1563 + 0.00048 T) \cos 4M \end{aligned}$$

Korrektur zu JDE<sub>0</sub>, um die Zeit der geringsten Entfernung von der Erde zu erhalten:

$$\begin{aligned} \tau(\Delta) &= -0.1045 + 0.00042 T \\ &\quad + (17.7052 + 0.00895 T) \sin M \\ &\quad + (2.1203 - 0.00040 T) \sin 2M \\ &\quad + (0.3629 - 0.00267 T) \sin 3M \\ &\quad + (2.0912 - 0.00396 T) \cos M \\ &\quad + (0.4282 + 0.00373 T) \cos 2M \\ &\quad + (0.0971 + 0.00278 T) \cos 3M \end{aligned}$$

Wert der geringsten Entfernung in astronomischen Einheiten:

$$\begin{aligned}\Delta &= 0.54728 + 0.000022 T \\ &+ (0.01279 - 0.000017 T) \sin M \\ &+ (0.00367 - 0.000027 T) \sin 2M \\ &+ (0.00116 - 0.000009 T) \sin 3M \\ &+ (0.00040 - 0.000003 T) \sin 4M \\ &+ (-0.14719 - 0.000075 T) \cos M \\ &+ (-0.02042 - 0.000037 T) \cos 2M \\ &+ (-0.00426 - 0.000014 T) \cos 3M \\ &+ (-0.00105 - 0.000005 T) \cos 4M\end{aligned}$$

Beachte, daß die Zeit der geringsten Entfernung des Mars zur Erde wegen der Exzentrizität seiner Bahn etwas von der Zeit der Opposition abweicht. Diese Differenz kann bis zu 8.5 Tage betragen (wie 1969).

**Beispiel 5:** Opposition des Mars und geringste Entfernung zur Erde 1982.

$$\begin{aligned}\text{Mit } Y &= 1982.5 \text{ finden wir} \\ k &= \text{RND}(38.10) = 38 \\ JDE_0 &= 2445077.959 \\ M &= 2030^\circ 51'07'' = 230^\circ 51'07'' \\ r &= -18.155 \\ r(\Delta) &= -13.188 \\ \Delta &= 0.6351 \text{ AE}\end{aligned}$$

Folglich findet die Opposition  $JDE = JDE_0 + r = 2445059.80$  statt, das entspricht 1982 März 31.

Die geringste Entfernung zur Erde wird  $JDE = JDE_0 + r(\Delta) = 2445064.77$ , entsprechend 1982 April 5 mit 0.6351 AE oder 95.0 Mill. km erreicht. Der Durchmesser der Marscheibe zur Zeit der geringsten Entfernung kann aus der Formel

$$\text{Durchmesser} = 9''/36/\Delta$$

in Bogensekunden berechnet werden, im vorliegenden Fall ergibt sich  $14''.74$ .

## VIII. Mars, Konjunktionen mit der Sonne

$$\begin{aligned}k &= \text{RND}[0.46830 (Y - 1900.08)] \\ JDE_0 &= 2415050.730 + 779.936102 k \\ M &= 335.4593 + 48.702634 k \\ r &= + (20.4563 + 0.03539 T) \sin M \\ &+ (2.9582 + 0.00989 T) \sin 2M \\ &+ (0.6309 + 0.00278 T) \sin 3M \\ &+ (0.1547 + 0.00105 T) \sin 4M \\ &+ (-3.2118 + 0.00283 T) \cos M \\ &+ (-0.8455 - 0.00018 T) \cos 2M \\ &+ (-0.2671 + 0.00018 T) \cos 3M \\ &+ (-0.0866 - 0.00026 T) \cos 4M\end{aligned}$$

Berechne zur Übung das Datum der Sonne-Mars-Konjunktion 1979.

Antwort:  $k = 37$ ;  $JDE = 2443894.01$ ; Datum = 1979 Jan. 20, 12<sup>h</sup> UT.

## IX. Jupiter, Oppositionen

$$\begin{aligned}k &= \text{RND}[0.91566 (Y - 1900.42)] \\ JDE_0 &= 2415173.194 + 398.884048 k\end{aligned}$$

Jupiters mittlere Anomalie zu diesem Zeitpunkt:

$$M = 238.0650 + 33.141416 k$$

Korrektur zur  $JDE_0$ , um die Zeit der Opposition zur Sonne zu erhalten:

$$\begin{aligned}r &= + (6.0792 + 0.02501 T) \sin M \\ &+ (0.2010 + 0.00166 T) \sin 2M \\ &+ (0.0090 + 0.00011 T) \sin 3M \\ &+ (2.1197 - 0.00533 T) \cos M \\ &+ (0.1211 + 0.00035 T) \cos 2M \\ &+ (0.0079 + 0.00006 T) \cos 3M \\ &+ 0.3672 \sin V\end{aligned}$$

wobei

$$V = 134^\circ 63' + 40''.757 T$$

Durch den Term mit  $\sin V$  wird eine langperiodische Störung durch Saturn berücksichtigt.

**Beispiel 6:** Finde den Zeitpunkt der Jupiteropposition im Jahr —100. Beachte, daß wir negative Jahreszahlen nach der mathematischen und astronomischen Festlegung benutzen, die von der üblichen v. u. Z.-Zählweise, die kein Jahr 0 kennt, um 1 abweicht. Das Jahr 1 v. u. Z. ist deswegen das Jahr 0, nicht —1; das Jahr —87 ist das Jahr, welches von den Historikern 88 v. u. Z. genannt wird.

Wir nehmen  $Y = -99.5$  (das sind 0.5 Jahre nach —100.0, dem Beginn des Jahres —100) und finden

$$\begin{aligned}k &= \text{RND}(-1831.25) = -1831 \\ T &= -20.00 \\ JDE_0 &= 1684816.502 \\ M &= -00443^\circ 8'08'' = 36^\circ 13'2'' \\ V &= -080^\circ 51' = 30^\circ 49' \\ r &= +5.520\end{aligned}$$

wodurch  $JDE = JDE_0 + r = 1684822.022$  wird, entsprechend Oktober 16.52 ET des Jahres —100. Um den Zeitpunkt in UT zu bekommen, muß vom letzten Ergebnis die Größe  $\Delta T = ET - UT$ , die im Jahr —100 den Wert 0.122 hat, subtrahiert werden. Wir erhalten damit Oktober 16.40 UT.

Der Zeitpunkt, den man durch Interpolation aus B. Tuckermans Tabellen erhält (Planetary, Lunar and Solar Positions, 601 B. C. to A. D. 1, Mem. American Philos. Soc., Vol. 56, 1962), ist Oktober 16.63 UT.

## X. Jupiter, Konjunktionen mit der Sonne

$$\begin{aligned}k &= \text{RND}[0.91566 (Y - 1900.97)] \\ JDE_0 &= 2415372.841 + 398.884048 k \\ M &= 254.6857 + 33.141416 k \\ r &= + (6.1906 + 0.01655 T) \sin M \\ &+ (0.2075 + 0.00120 T) \sin 2M \\ &+ (0.0093 + 0.00010 T) \sin 3M \\ &+ (-2.1194 + 0.00514 T) \cos M \\ &+ (-0.1213 + 0.00012 T) \cos 2M \\ &+ (-0.0080 - 0.00001 T) \cos 3M \\ &+ 0.3672 \sin V\end{aligned}$$

$V$  ist nach derselben Formel, wie in Abschnitt IX., zu berechnen.

## XI. Saturn, Oppositionen

$$\begin{aligned}k &= \text{RND}[0.96602 (Y - 1900.48)] \\ JDE_0 &= 2415195.235 + 375.091902 k \\ M &= 181.3274 + 12.645003 k \\ r &= + 4.7459 - 0.03803 T \sin M \\ &+ (0.1218 - 0.00276 T) \sin 2M \\ &+ (0.0038 - 0.00017 T) \sin 3M \\ &+ (0.3508 - 0.00885 T) \cos M \\ &+ (0.0355 - 0.00136 T) \cos 2M \\ &+ (0.0030 - 0.00013 T) \cos 3M \\ &- 0.8551 \sin V \\ &- 0.1563 \sin \varphi\end{aligned}$$

wobei

$$\begin{aligned} \varphi &= 134^{\circ}63' + 40^{\circ}157'' T \\ e &= 28^{\circ}44' - 1812''792 T \end{aligned}$$

Durch die Terme mit  $\sin \varphi$  und  $\sin e$  werden Störungen des Jupiter mit Perioden von 883 und 19,86 Jahren berücksichtigt.

## XII. Saturn, Konjunktionen mit der Sonne

$$\begin{aligned} k &= \text{RND} [0.96602 (Y - 1901.00)] \\ \text{JDE} \odot &= 2415\,384.321 + 378.091902 k \\ M &= 187.6499 + 12.645003 k \\ &= + (8.7030 - 0.04482 T) \sin M \\ &+ (0.3587 - 0.00464 T) \sin 2M \\ &+ (0.0194 - 0.00039 T) \sin 3M \\ &+ (-0.3547 + 0.00018 T) \cos M \\ &- 0.0059 \cos 2M \\ &- 0.8551 \sin \varphi \\ &- 0.1563 \sin e \end{aligned}$$

wobei  $\varphi$  und  $e$  wie in Abschnitt XI. zu berechnen sind.

### Die Genauigkeit der Ergebnisse

Es ist klar, daß die in diesem Artikel gegebenen Formeln nur für einen begrenzten Zeitraum gültig sind, nämlich für einige Jahrhunderte vor und nach 1900 und nicht für viele Millionen Jahre! Benutze die Formeln deshalb nicht vor dem Jahr —2000 und nach dem Jahr 5000. Für die Jahre —1000 oder —2000 werden die Resultate etwas weniger genau sein, als für die Periode 1900...2000. Es sollte angemerkt werden, daß die Koeffizienten von  $\sin M$ ,  $\sin 2M$  usw. in den verschiedenen Formeln in Wirklichkeit Funktionen der Zeit mit sehr langer Periode sind und allgemein nur der lineare Teil — gültig für die vorliegende Epoche — gegeben wird.

Die größtmöglichen Fehler sind:

Merkur, u. Konjunkt.

0.02 Tage im Zeitraum 1000...3000

Merkur, o. Konjunkt.

0.04 Tage im Zeitraum 1000...3000

Venus, u. Konjunkt.

0.03 Tage im Zeitraum 1000...3000

0.04 Tage um das Jahr 0

Venus, o. Konjunkt.

0.04 Tage im Zeitraum 1000...3000

0.06 Tage um das Jahr 0

Mars, Oppositionen

0.20 Tage im Zeitraum 1600...3000

0.27 Tage um das Jahr 0

Mars, Konjunktionen

0.20 Tage im Zeitraum 0...3000

Mars, kl. Entfernungen

0.0005 AE im Zeitraum 1000...3000

0.0006 AE um das Jahr 0

Oppositionen von Jupiter und Saturn: Während des Zeitraumes 1900...2005 sind die größten Fehler 0,15 Tage für Jupiter und 0,44 Tage für Saturn. Der größere mögliche Fehler im Falle des Saturn resultiert aus großen Störungen des Planeten durch Jupiter.

Diese möglichen Fehler beziehen sich auf die Zeitpunkte ausgedrückt in ET. Werden die Zeiten in UT ausgedrückt, können zusätzliche Fehler auftreten, da der berechnete Wert von  $\Delta T$  erheblich fehlerbehaftet sein kann. Das gilt natürlich nur für die ferne Vergangenheit und weite Zukunft.

**Danksagung.** Zur Berechnung der numerischen Koeffizienten der vielen periodischen Terme war es notwendig, einige zehn Systeme linearer Gleichungen mit 7 oder 9 Unbekannten zu lösen. Der größte Teil der Lösung dieser

Gleichungen wurde von Dr. J. Denoyelle vom Royal Observatory of Belgium durchgeführt.

*Diese Arbeit des Autors erschien zuerst im „Journal of the Royal Astronomical Society of Canada“, Vol. 75 (1981), 94–107. – Für die Einwilligung der Übernahme dankt die Redaktion dem Herausgeber, Dr. A. H. Batten, Herzberg Institute of Astrophysics, Dominion Astrophysical Observatory, Canada sowie dem Autor.*

Die Übersetzung besorgte ANDREAS DILL.

## Vorläufige Sonnenfleckensrelativzahlen März/April 1987

| Tag | März | April  | Tag  | März | April |
|-----|------|--------|------|------|-------|
| 1   | 14   | 14     | 16   | 11   | 60    |
| 2   | 23   | 12     | 17   | 22   | 41    |
| 3   | 15   | 10     | 18   | 21   | 36    |
| 4   | 18   | 13     | 19   | 12   | 29    |
| 5   | 24   | 28     | 20   | 11   | 16    |
| 6   | 23   | 47     | 21   | 15   | 19    |
| 7   | 24   | 56     | 22   | 17   | 26    |
| 8   | 22   | 64     | 23   | 16   | 25    |
| 9   | 14   | 69     | 24   | 23   | 35    |
| 10  | 11   | 72     | 25   | 16   | 23    |
| 11  | 8    | 80     | 26   | 12   | 21    |
| 12  | 0    | 77     | 27   | 11   | 11    |
| 13  | 0    | 79     | 28   | 12   | 14    |
| 14  | 11   | 74     | 29   | 11   | 20    |
| 15  | 11   | 78     | 30   | 15   | 30    |
|     |      |        | 31   | 15   |       |
|     |      | Mittel | 14,8 | 39,3 |       |

A. KOECKELENERBERGH

## Unsere Autoren

Prof. Dr. V. Weidemann, Institut für Theoretische Physik und Sternwarte der Universität, D-2300 Kiel, Olshausenstraße

P. Schröpfer, R.-Breitscheid-Str. 11, Zwönitz, 9417  
Dipl.-Ing. H.-D. Naumann, Str. der Thälmannpioniere 19, Radeberg, 8142

Dr. F. Börngen, Karl-Schwarzschild-Observatorium der AdW der DDR, ZIAP, Tautenburg, 6901

K. Kirsch, O.-Schwarz-Str. 27, Jena-Winzeria, 6908

J. Meens, Heuvestraat 31, B-3071 Erps-Kwerps, Belgien

H. Scholz, W.-Weitlingstr. 29/10–36, Dresden, 8046

D. Büttner, Keplerstr. 56, Karl-Marx-Stadt, 9030

B. Götz, D. Fürst, Dr. J. Hamel, Prof. Dr. D. B. Herrmann, Archenhold-Sternwarte, Alt Treptow 1, Berlin, 1193

U. Schmaling, Gr. Wollweberstr. 23, Neubrandenburg, 2000

P. Rucks, Oehrenstöcker Str. 24, Ilmenau, 6300

B. Priessmuth, Th.-Burgstr. 2, Berlin-Buch, 1115

(Weitere Anschriften können bei der Red. erfragt werden.)



## Das Fernrohr des Sternfreundes

### - Linsenfernrohre -

HERBERT SCHOLZE

Das Linsenfernrohr ist auch heute noch der von Amateurastronomen am häufigsten verwendete Gerätetyp, zumindest im Bereich der kleineren Fernrohröffnungen bis ca. 100 mm. Die Ursachen dafür lassen sich aus einer Reihe von Vorzügen erklären, die besonders bei kleineren Instrumentenabmessungen zur Wirkung kommen, während seine Nachteile erst bei größeren Geräten für den Amateur spürbar werden.

Ohne in die vereinzelt noch immer unter Sternfreunden geführte Kontroverse - Refraktor gegen Reflektor - eingreifen zu wollen, möchte ich hier wenigstens für die visuell genutzten Instrumente die Feststellung treffen, daß - erstklassige Qualität der optischen Komponenten und deren einwandfreie Anordnung vorausgesetzt - der Sternfreund sowohl mit dem Linsenfernrohr als auch mit dem Spiegelteleskop glückliche Stunden bei der Beobachtung der Objekte des Sternhimmels erleben kann. Weighend unbestritten sind gewisse Vorzüge des Refraktors gegenüber dem Spiegelteleskop, wie:

- bei gleicher Öffnung bessere Auflösung und Definition
  - bessere Verträglichkeit gegenüber schlechten Luftverhältnissen
  - geringere Empfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen
  - Robustheit der Justage der optischen Komponenten
  - besserer Bildkontrast
  - weniger Turbulenzercheinungen im geschlossenen Tubus
  - leichtere Reinigung der Außenflächen des Objektivs
- Freilich dürfen dabei auch die wesentlichsten Nachteile nicht verschwiegen werden, wie:
- für gleiches Geld geringere Lichtstärke bzw. bei gleicher Öffnung viel teurer als ein Reflektor
  - bei größerer relativer Öffnung oder bei größerem Objektivdurchmesser merkbare Restfehler der Farbkorrektur (sekundäres Spektrum)
  - bei üblichem Öffnungsverhältnis und „klassischer“ Ausführung recht lange, sperrige Bauweise; damit schlechte Transportierbarkeit bei größeren Öffnungen, Notwendigkeit stabiler Montierung und evtl. größere Schutzbauten

Die Folgerungen daraus sollte jeder unter Beachtung der Aufstellmöglichkeit und der Erfordernisse des gewählten Aufgabengebietes nach seinen konkreten Verhältnissen und nach dem Rat erfahrener Sternfreunde selbst ziehen. Man muß sich damit abfinden, daß es ein unter allen Bedingungen und Aufbaueinstellungen nur Vorteile bietendes Fernrohr ebenso wenig gibt, wie ein Auto, mit dem man heute Schwertransporte durchführen und morgen Straßenrennen gewinnen kann.

### Das Objektiv

Das Objektiv ist die wichtigste und meist auch finanziell wertvollste Komponente der optischen Ausrüstung eines Linsenfernrohres. Von seiner Qualität hängt in hohem Maße die Leistungsfähigkeit des Instrumentes ab. Es besteht für Amateurgeräte meistens aus zwei, selten aus drei Linsen und ist in zylindrischer Steckfassung, in

Gewinde- oder Flanschfassung oder bei kleineren Abmessungen auch ungefaßt erhältlich. Die übliche relative Öffnung beträgt 1:10 bis 1:20, für besondere Zwecke (Kometensuche, Nebelbeobachtung u. ä.) sind auch relative Öffnungen von 1:5 bis 1:10 gebräuchlich, letztere allerdings mit weniger strengen Forderungen an die Korrektur der Bildfehler und damit niedrigeren maximalen Vergrößerungen.

Allgemein wird jedoch an visuell genutzte Fernrohr-objektive die hohe Forderung gestellt, eine Auflösung zu erreichen, die der durch die Beugung des Lichtes an der Objektivfassung begrenzten Auflösung entspricht. Dies ist beispielsweise bei Fotoobjektiven nicht üblich und auch nicht notwendig. Daß Fernrohr-objektive diese Leistung gegenüber Fotoobjektiven mit viel weniger Linsen bringen, liegt darin begründet, daß Fernrohr-objektive für visuellen Gebrauch nur ein sehr kleines Bildfeld von wenigen Grad Durchmesser, bei wesentlich geringer relativer Öffnung scharf auszeichnen müssen. Außeraxiale Fehler wie Astigmatismus, Bildfeldwölbung und Koma weit geneigter Bündel spielen damit keine dominierende Rolle. Fotoobjektive sind für viel größere Bildfelder, bei großen relativen Öffnungen korrigiert, unterliegen also ganz anderen Grundforderungen. Daraus geht hervor, daß auch langbrennweitige Fotoobjektive (dies gilt auch teilweise für Spiegelobjektive) meist nur mit Einschränkungen als visuelle Fernrohr-objektive nutzbar sind.

Andererseits sind jedoch mit gutem Erfolg (sofern es sich um kleine Bildfelddurchmesser handelt) visuell korrigierte Fernrohr-objektive (evtl. mit zusätzlichem Gelbfilter) durchaus für astrofotografische Zwecke des Amateurs verwendbar [1].

Die Korrektur der Bildfehler visuell genutzter Fernrohr-objektive erfolgt hinsichtlich der auftretenden Farbfehler, der sphärischen Aberration und der Zonenfehler sowie der Erfüllung der Sinusbedingung, womit gleichzeitig die Koma für schwach geneigte Bündel korrigiert ist.

### Die hauptsächlichsten Klassen und Typen der Objektive

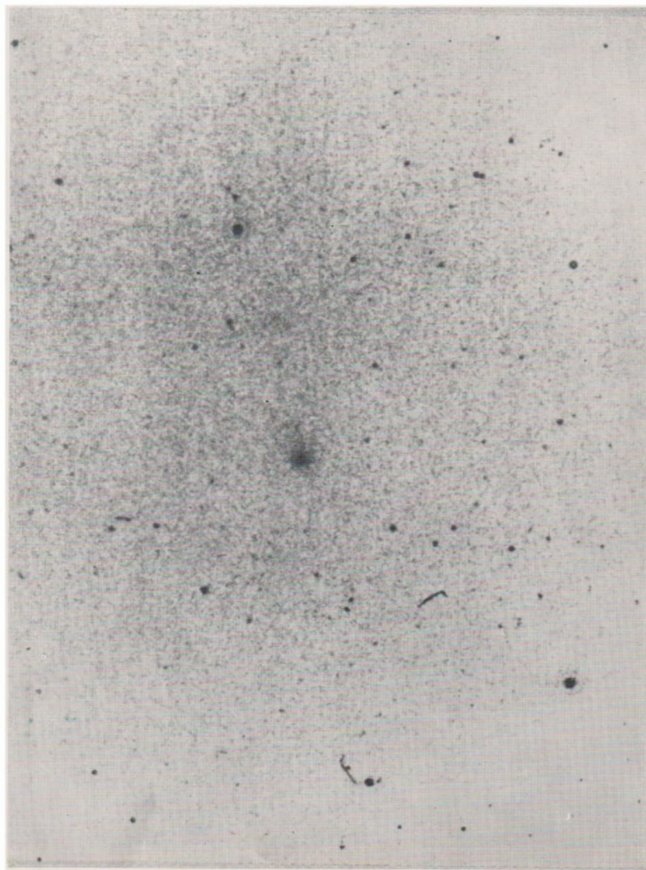
Eine grobe Einteilung der Fernrohr-objektive geschieht nach der Güte der erreichten Farbkorrektur in drei Klassen:

- Bei den ausschließlich zweilinsigen „Achromaten“ sind die Bildschnittweiten für zwei Farben des Spektrums (meist für  $\lambda = 486 \text{ nm}$  und  $\lambda = \text{ca. } 680 \text{ nm}$ ) gleich (Abb. 1). Für die blauen Strahlen bleiben stärkere Abweichungen bestehen, die als blauvioletle Stäube und kontrastmindernde Farbschleier an hellen Objekten merkbar werden (sog. „sekundäres Spektrum“), wenn die Brennweite des Objektivs  $< 2 D^2$  ist ( $D$  = freier Objektivdurchmesser). Die praktische Auswirkung auf die Bildleistung wird jedoch oft überschätzt und kann, wenn störend, in vielen Fällen mit einem leichten Gelbfilter hinter dem Okular eliminiert werden.

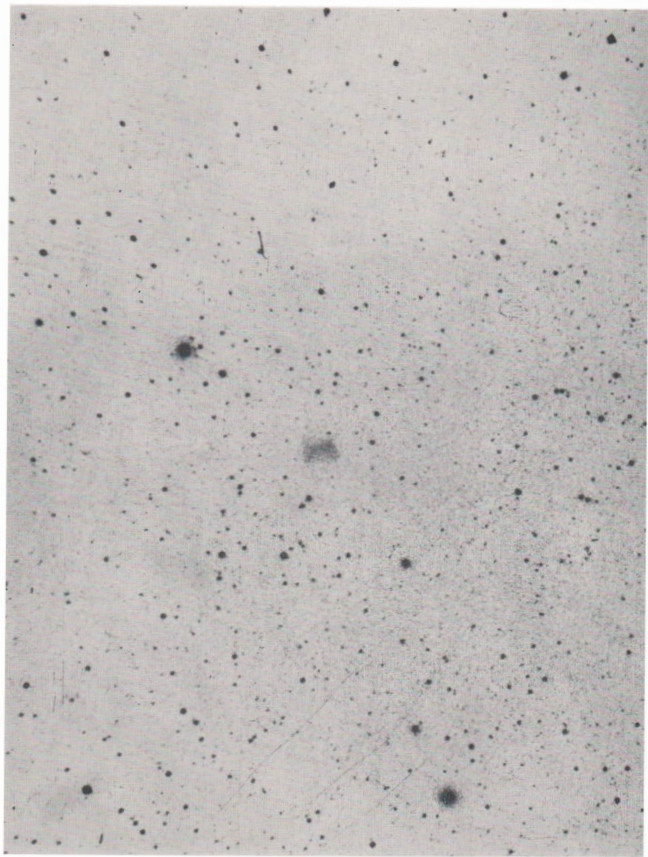
- Bei den ebenfalls meist zweilinsigen „Halb-Apochromaten“ ist durch die Verwendung spezieller, jedoch recht teurer Gläser die chromatische Längsaberration weiter vermindert. Sie beträgt im visuell wichtigsten Farbbereich (gelbgrün) nur noch ca. 2/3 der Abweichung eines Achromaten. Auch die Abweichung im Blaubereich, die dem Achromaten eigen ist, wird stark gemindert.

- Die meist dreilinsigen „Apochromaten“ sind für drei Farben auf Farblängsfehler korrigiert. Damit werden auch die Abweichungen für die übrigen Farben so minimal, daß diese Objektive auch bei hohen Ansprüchen als praktisch farbfehlerfrei bezeichnet werden können.

Eine exaktere Einteilung der verschiedenen Objektiv-



Marcus Richert, Magdeburg, sandte uns Fotos, von denen wir auf den ersten drei Bildseiten dieses Heftes ausgewählte Beispiele vorstellen. Hier: Komet P/Halley, 1986 Mai 1 von 21.51 bis 22.01 MEZ auf NP 27 mit Pentacon 4/200 und Praktica C belichtet. Leitfernrohr: Coudé 150/2250 mm der Sternwarte Magdeburg-Nord. Umkopiert auf FN 52.

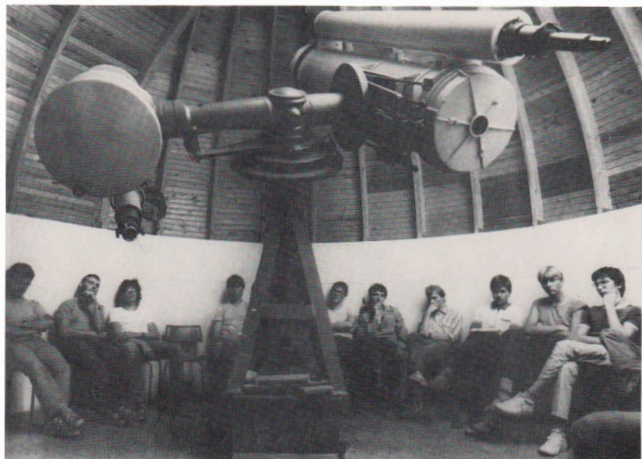


Der „Hantelnebel“ (M27), 1985 August 10 von 0.22 bis 0.37 MEZ auf NP 27 mit Refraktor 80/500 mm foksal aufgenommen (Leitrohr wie Bild-S. I). Da der Nebel auf dem Negativ nur schwach abgebildet ist, wurde die kontraststeigernde Methode des Umkopierens (auf FN 52) angewendet und erst davon das Positiv gewonnen. (Wie man sieht, ist hier die Obergrenze des Vergrößerns bereits leicht überschritten. – H. A.)



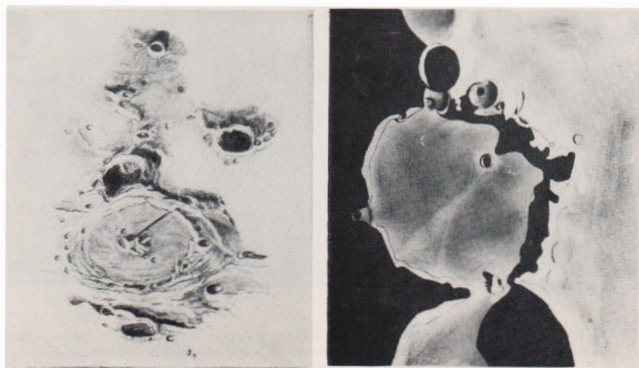
Unser junger Bildautor schreibt dazu: „Ich bin manchmal selbst überrascht, was für Aufnahmen selbst aus einer lichtüberfluteten Industriestadt wie Magdeburg noch möglich sind.“





Die Teilnehmer am Jugendlager Astronomie 1986 (vgl. dazu den Bericht S. 122) im Kuppelraum der Volkssternwarte Kirchheim, die vor wenigen Wochen ihr zehnjähriges Bestehen beging.

Gezeichnete Details der Mondoberfläche von Amateurastronomen und ihrem „Nachwuchs“.



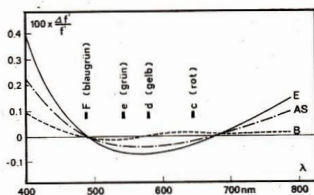


Abb. 1: Farbortfehler verschiedener Objektive in Prozenten der Brennweite nach [7].

arten innerhalb der genannten „Farbkorrektionsklassen“ ist entsprechend des unterschiedlichen konstruktiven Aufbaues möglich und soll an Hand wichtiger Objektivarten mit einigen kurzen Erläuterungen vorgenommen werden.

● Das „Littrow-Objektiv“ (Abb. 2.1.): Es ist der einfachste Typ eines Achromaten und besteht aus einer dem Objekt zugekehrten Kron-Bikonvexlinse mit gleichen Radien und einer angeklippten Flintglaslinse mit gleichem Innenradius und planer oder annähernd planer Hinterfläche. Infolge der Verwendung von drei gleichen Radien ergeben sich zwar Vereinfachungen in der Herstellung, aber die Korrektionsmöglichkeit des Komafehlers und der Sinusbedingung ist eingeschränkt, so daß der Typ aus diesem Grund nur bei relativer Öffnung von  $\leq 1:15$  gute Leistungen bringt [2]. Der Durchmesser kann max. 60–70 mm betragen, da sich infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnung Linsen größeren Durchmessers aus unterschiedlichen Glasarten nicht mehr dauerhaft verkiten lassen. Dies gilt für alle Arten von Astroobjektiven.

● Das „Harting-Objektiv“ (Abb. 2.2.): Harting hat sich intensiv mit der Theorie der Fernrohrachromate auseinandergesetzt und spezielle Datentabellen für zweilinsige verkitbare Achromate entwickelt. Der Aufbau ist ähnlich dem „Littrow-Objektiv“, jedoch sind nur die beiden Innenradien gleich. Damit ergibt sich durch freie Wahl des ersten und vierten Radius die Möglichkeit zusätzlicher Korrektur der Sinusbedingung und des Komafehlers. Dies gewährleistet eine erhöhte Bildbrillanz [3].

Der Achromat des Telemotor/Telemotor vom Kombinat VEB Carl Zeiss Jena ist mit seinen sehr umweltbeständigen Linsen aus BK7/SF2 von diesem Typ abgeleitet [4].

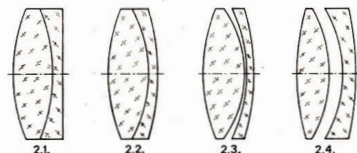


Abb. 2: Fernrohr-Achromate.

## Zu den Abbildungen BS IV unten

Die Mondkrater Petavius, Palitzsch, Biot. – gezeichnet 1971 April 28 von 19.45 bis 20.40 MEZ bei Luft = 1 am Refraktor 80/1200 mm mit  $N = 140$ fach, Mondalter: 3,6 d, von der erfahrenen Mondbeobachterin Ursula Seliger, Dresden.

● Das „Fraunhofer-Objektiv“ (Abb. 2.3.): Dieser von dem genialen deutschen Optiker des vorigen Jahrhunderts eingeführte Achromat ist der „Klassiker“ unter den Fernrohrachromaten. Es war und ist auch heute noch im europäischen Raum ein besonders beliebtes Objektiv des Sternfreundes. Auch hier finden wir, wie bei allen bisher beschriebenen Typen die Kombination einer objektseitigen, bikonvexen Kronglaslinse mit einem okularseitigen Flintglasklinsen. Die beiden Innenflächen haben fast gleiche Radien, sind aber nicht verkitet, sondern es wird durch drei am Rand zwischengelegte dünne Beilagen ein ganz geringer Abstand gehalten. Das Objektiv ist auf Öffnungsfehler, Sinusbedingung, Koma und hinsichtlich Zonenfehler korrigiert. Das brauchbare Feld wird nur durch Astigmatismus und die relativ starke, bei visuellem Gebrauch nicht störende Bildfeldwölbung begrenzt. Es läßt bei normaler relativer Öffnung und kleineren Durchmessern kaum noch Wünsche offen [6]. Die Restfehler der sphärischen Längsaberration sind für den gelb-grünen Teil des Spektrums, bezogen auf die Brennweite, auf  $10^{-3}$  reduziert; diejenigen der Farblängsfehler sogar auf ca.  $6 \cdot 10^{-4}$ . Wir finden diesen Typ bei Öffnungen über 200 mm in den bekannten E-Objektiven professioneller Geräte von Zeiss-Jena wieder. Für kleinere Durchmesser von 50 bis 110 mm und größere relative Öffnungen sind die Zeiss'schen C-Objektive (neuerdings auch häufig einfach als „Astro-Objektive“ bezeichnet) Vertreter dieser oder der vorher beschriebenen Art.

Leider hat sich zunehmend eine recht legere Art der Bezeichnung verbreitet, indem manchmal alle zweilinsigen Achromate als Fraunhofer-Objektive bezeichnet werden, ungeachtet der Tatsache, daß der „klassische“ Fraunhofer-Achromat unverkittet und durch ungleiche, jedoch sehr ähnliche Innenradien und eine schwach gewölbte Hinterfläche ausgezeichnet ist.

● Das „Clark-Objektiv“ (Abb. 2.4.): Dieser unter Amateuren aus Übersee weitverbreitete und oft auch als „air-spaced“ bezeichnete Achromat besitzt ebenfalls gleiche Innenradien wie das Harting-Objektiv, als zusätzliches Korrektionsmittel jedoch einen definierten Luftspalt von ca. 1,5 % der Brennweite zwischen den beiden Linsen. Da es ebenso wie der Fraunhofer-Achromat unverkittet ist, ist dieser Typ auch für größere Ob-

Die Mondkrater Herschel, Ptolemäus, Alphonsus (von oben, Nord ist re. u.) – gezeichnet 1985 Februar 27 gegen 21.15 MEZ bei Luft = 3 (Dunst-Nebel) am Refraktor 63/840 mm mit  $N = 140$ fach, Mondalter: 6,6 d, von dem Schüler und AG-Mitglied Dirk Gläser, Halle.

Unseren Glückwunsch dazu!

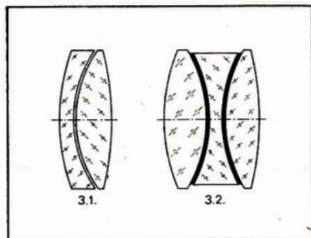


Abb. 3: Halbachapochromate.

ektivdurchmesser geeignet. Die Korrektur ist ähnlich der des Fraunhofer-Objektivs. Um die volle Leistungsfähigkeit zu erhalten, ist eine besonders präzise Fassung notwendig, die den genauen Luftabstand und sichere Zentrierung gewährleistet [5].

● Das „Astro-Spezialobjektiv (AS-Objektiv)“ nach Sonnfeld (Abb. 3.1.): Bei diesem zweilinsigen Halbachapochromat hat bereits 1925 der Jenaer Astro-Optiker A. Sonnfeld durch Einführung von sog. Kurzflint-Glas eine wesentliche Minderung des sekundären Spektrums erreicht.

Es ergeben sich bei dieser Art jedoch recht starke Krümmungen der Innenflächen, welche Vergrößerung der Zentrierempfindlichkeit und schwieriger Korrektur der monochromatischen Bildfehler bedingen, so daß in Grenzfällen Zonenfehler und chromatische Differenzen der sphärischen Aberration merkbar werden und bei größeren Objektivöffnungen durch Retusche reduziert werden müssen [7]. Durch die starke Flächenkrümmung bleibt auch die zulässige relative Öffnung auf  $\leq 1:10$  begrenzt. Dieser Objektivtyp ist, trotz seines relativ hohen Preises, für mittlere Fernrohröffnungen bis ca. 150 mm auch beim Amateur sehr beliebt und für gestochene scharfe, farbige und kontrastreiche Abbildung geradezu prädestiniert. Auch 60 Jahre nach der Entwicklung ist das AS-Objektiv noch immer der Wunschtraum vieler Sternfreunde. Das gilt natürlich auch für anderenorts als HA-Objektive hergestellte Halbachapochromate.

● Halbachapochromat nach Wiedemann: Eine weitere Verbesserung des zweilinsigen Typs wurde durch Einführung von Lanthan-Gläsern erreicht. Damit konnte der Schweizer Hobby-Astro-Optiker Dr. Wiedemann die relative Öffnung auf 1:8 steigern [8]. Die Farbkorrektur dieses Halbachapochromats ist fast vergleichbar mit dem modernen dreilinsigen echten Schwerflint-Apochromat, wie er für professionellen Gebrauch hergestellt wird.

● Halbachapochromat nach Busch (Abb. 3.2.): Ein wegen seiner Originalität bemerkenswertes Objekt ist das „Immersions-Objektiv“ nach Busch. Es hat, ähnlich dem echten Apochromat, einen dreilinsigen Aufbau, bei dem eine Bikonvexlinse von zwei Bikonvexlinsen eingeschlossen wird. Zwischen den Linsen befindet sich eine dünne Schicht eines speziellen, farblosen Öles. Die mittlere Linse „schwimmt“ gewissermaßen zwischen den äußeren Linsen und ist in der Fassung getrennt zentrierbar. Das Öl fast den gleichen Brechungsindex wie das Glas der Linsen hat, brauchen die vier inneren Linsenflächen nicht poliert zu werden, außerdem treten bei Temperaturwechsel keinerlei Spannungen auf. Bei praktischer Testung zeigte dieses Objekt gegenüber einem echten Apochromat eine durchaus ebenbürtige Leistung [9].

● Das Zeiss B-Objektiv: Dieser echte Apochromat ist in Amateurkreisen eine Rarität. Trotzdem sei er als Vertreter seiner Klasse der Vollständigkeit halber erwähnt. Bei ihm ist eine bikonvexe Kurzflint-Linse von zwei bikonvexen Linsen aus Barit-Leichtflint und Kron-Glas flankiert. Relative Öffnung 1:15. Man sagt diesem Objektiv hervorragende Leistung, aber auch hohe Temperatur- und Zentrierempfindlichkeit nach, bedingt durch recht starke Krümmung der Innenraden.

● Der Schwerflint-Apochromat nach Conrady-Köhler: Infolge der Verwendung von Schwerflint-Glas können bei diesem dreilinsigen Objektiv die Innenraden flacher gehalten werden, was sich in geringerer Zentrierempfindlichkeit und einer Steigerung der relativen Öffnung bis 1:10 bemerkbar macht.

● Fluorit-Apochromate: Neuerdings werden auch bei der Konstruktion kleinerer Apochromate für den Amateur auf dem internationalen Markt Linsen aus Flußspat oder aus sehr niedrigbrechendem Fluor-Kron-Glas verwendet, die – ähnlich den schon lange bekannten Fluorit-Systemen der Mikroskopoptik – bestimmte Vorzüge für die Korrektur der Farbfehler aufweisen. Sicher werden sich diese Fluorit-Apochromate ihren Weg zum Fernrohr des Sternfreundes bahnen.

Das neue Zeiss-Objektiv APQ entspricht diesem Typ.

## Die Oberflächenvergütung der optischen Bauelemente

Bei jeder Grenzfläche zwischen zwei optischen Medien mit unterschiedlichen Brechwerten entstehen anteilige Reflexionen der auftretenden Lichtstrahlen. Dies ist besonders beim Übergang Luft-Glas oder Glas-Luft durch die großen Brechwertdifferenzen der Fall. Bei einem derartigen Übergang werden 4 bis 5 % des auftretenden Lichtes reflektiert. Unter Beachtung der Tatsache, daß in einem Linsenfernrohr sowohl im Objektiv, als auch in den meisten Okularen je vier derartige Grenzflächen vom Licht zu durchlaufen sind, tritt durch diesen Effekt ein Lichtverlust von 25 bis 35 % auf.

Um diese Verluste zu verringern, werden im Hochvakuum geeignete Substanzen als ein- oder mehrfache dünne Schicht definierter Dicke aufgebracht. Durch die auftretenden Interferenzerscheinungen läßt sich bei geeigneter Dickenwahl ein Reflexionsminimum erzielen, das im „Schwerpunkt“ des zu nutzenden Spektralbereiches (visuell bei  $\lambda = 550$  nm) zu liegen kommt. Beiderseits dieses Gebietes steigt die Reflexion wieder an, woraus sich die blaue oder purpurne Farbe der Entspiegelungsschicht erklärt. In der Durchsicht erscheinen die entspiegelten Linsen nicht gefärbt, wie oft fälschlicherweise angenommen wird. Bei einer aufgetragenen einfachen Schicht können die Reflexionsverluste im erwähnten engen Spektralbereich auf ca. 1,5 % pro Übergang gesenkt werden. Damit liegt der Verlust nur noch in der Größenordnung von ca. 11 %. Durch das Aufbringen mehrerer Schichten (multi-coating oder MC-Verfahren) lassen sich diese Verluste sogar für einen wesentlich breiteren Farbbereich bis auf 0,2 % pro Übergang herabdrücken. Während sich letztere Verfahren bei Fotoobjektiven weitgehend durchgesetzt haben, ist es im Bereich der astronomischen Optik noch nicht allgemein verbreitet.

Ausschlaggebend ist jedoch nicht nur die Verminderung der Lichtverluste, sondern eine weitgehende Verminderung von Reflexen, die durch sogenannte „Zickzack-reflexion“ in den optischen Bauteilen auftreten und zu erhöhtem Streulichtanteil im Instrument führen: Geringe Brillanz der Abbildung und Verminderung des Bildkontrastes sind die Auswirkungen. Auch diese Leistungsminimierung wird durch eine Oberflächenvergütung unterbunden.

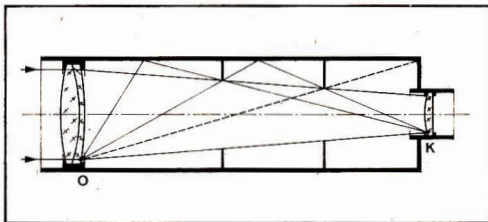
Abb. 4: Zeichnerische Ermittlung der Blendengrößen und -durchmesser.

### Streulichtblenden im Fernrohrtubus

Ein weiteres, oft unterschätztes Mittel, um Verminderungen der Fernrohrleistung zu vermeiden, ist die konsequente Bekämpfung von „bildzerstörendem“ Falsch-

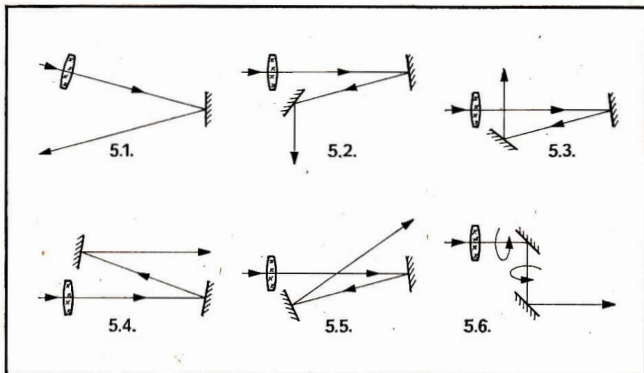
licht im Fernrohrtubus. Außer der üblichen mattschwarzen Lackierung oder dem wesentlich besseren Auskleiden des Innenraums mit schwarzem Velourpapier kann dies sehr wirkungsvoll mit einigen an vorausbestimmten Orten des Strahlenganges angebrachten Blenden geschehen [10]. Die zeichnerische Konstruktion zum Auffinden der optimalen Blendengrößen wurde recht anschaulich von Kolbow dargestellt [11]. Sie sei nachstehend für diejenigen, die sich ein Linsenfernrohr selbst bauen, wiedergegeben (Abb. 4). Er schreibt:

„Wir können als feststehend annehmen, daß Strahlen, welche steiler als  $45^\circ$  zur Rohrwand durch das Objektiv einfallen, bereits bis zur Unschädlichkeit geschwächt sind, bis sie nach häufiger Reflexion zur Kollektivlinse des Okulars gelangen. Um nun die Orte und inneren Durchmesser der Blenden zu ermitteln, müssen wir zunächst den Strahlenkegel einzeichnen, dessen Grundfläche gleich der Öffnung des Objektivs, und dessen obere Fläche gleich der Öffnung der Kollektivlinse des schwächsten vorhandenen Okulars ist. Aus praktischen Gründen wählt man jedoch den Durchmesser der oberen Fläche 2...3 mm größer, als der wirkliche Durchmesser des Kollektivs ist. Die ganze Zeichnung wird in natürlicher Größe ausgeführt. Wir zeichnen nun den ersten störenden Strahl, der unter  $45^\circ$  am unteren Rand des



Objektivs bei O einfällt, und ziehen von dem Treffpunkt dieses Strahles mit der inneren Rohrwand eine Verbindungslinie nach dem unteren Rand des (vergrößerten) Kollektivs bei K. Dort, wo diese Verbindungslinie die äußerste Begrenzungslinie des Lichtkegels schneidet, muß die erste Blende sitzen, deren Lichter Durchmesser durch den Durchmesser des Lichtkegels an dieser Stelle bestimmt ist. Der zweite störende Strahl streicht durch O am oberen Rand der Öffnung in der ersten Blende vorbei, und sein Treffpunkt mit der Rohrwand wird gleichfalls mit K verbunden: der neue Schnittpunkt gibt uns Ort und Durchmesser der zweiten Blende, und so fort, bis eine Verbindungslinie nach K außen gegen das dünnere Rohr fällt, welches den Okularstutzen trägt, also das Kollektiv nicht mehr erreichen kann. Da die erste und zweite Blende an Stellen liegen, wo die Grenzlinien sich unter sehr kleinen Winkeln schneiden, wodurch in der Auffassung des Schnittpunktes leicht Fehler auftreten, empfehle ich, wenigstens die erste Blende dem Objektiv um etwa 3 cm zu nähern und von dieser vorgeschobenen Blende mit dem zweiten störenden Strahl dann weiter zu konstruieren. Eventuell können auch noch die zweite und

Abb. 5: Strahlengänge von Falt-Refraktoren (vgl. dazu die Korrektur S. 122 u.f.).





eine evtl. dritte Blende vorsichtshalber dem Objektiv um 2 bzw. 1 cm genähert werden.“

Der Vollständigkeit halber sei auch noch eine in [12] dargestellte rechnerische Methode zur Ermittlung von Blendennoten und -durchmessern erwähnt.

Was von Kolbow als Kollektivlinse bezeichnet wird, ist die Feldlinse eines Huygens (Mittenzwey)-Okulares. Bei Okularen ohne Feldlinse (orthoskopisch oder monozentrisch) ist an ihrer Stelle Ort und Durchmesser der Feldblende zu nehmen.

## Der Falt-Refraktor

Wohl der größte Nachteil langbrennweitiger Linsenfernrohre ist für den Sternfreund die Baulänge. Diese Unzulänglichkeiten lassen sich durch Einfügen von einem oder mehreren Planspiegeln in den Strahlengang beseitigen. Es ergeben sich dann Anordnungen, die sehr handlich sind und als Falt-Refraktoren oder nach einem ihrer bekanntesten Vertreter auch als Coude-Refraktoren bezeichnet werden. Diese Art ist in den letzten zwei Jahrzehnten, besonders seit ihrer Popularisierung durch den dänischen Planetenbeobachter Darnell auch in Amateurkreisen sehr beliebt geworden, abgesehen von den industriell gefertigten Coude-Fernrohren, die der Stolz vieler Volksternwarten sind [13]. Aber auch im professionellen Bereich hat der Falt-Refraktor, z. B. bei Planetenbeobachtungen auf dem Pic du Midi ( $\varnothing 60 \text{ cm}/f = 18 \text{ m}$ ), hervorragende Ergebnisse erbracht. In Abb. 5 sind die Strahlengänge der gebräuchlichsten Anordnungen vorgestellt. Hierzu noch einige kurze Bemerkungen:

Beim „Fagott-Refraktor“ (Abb. 5.1) ist zwar nur ein Planspiegel nötig, aber er hat eine sehr ungewohnte Einblinkerichtung und eine ungünstige Bildlage (wie bei einem einfachen Zenitspiegel). Die beiden „Newton-Refraktor“-Varianten (Abb. 5.2 und 5.3) bieten wohl das Maximum an Bequemlichkeit und haben – wie alle Falt-Refraktoren mit zwei Planspiegeln – die gleiche Bildorientierung, wie ein übliches Fernrohr. Die beiden „Scheaer-Varianten“ (Abb. 5.4 und 5.5.) sind zwar extrem kurz, benötigen aber durch ihre Einblinkerichtung meist zusätzlich ein Zenitprisma und damit eine dritte oder gar vierte Reflexion im Strahlengang. Die Coude-Anordnung nach Zeiss (Abb. 5.6.), die völlig in die Montierung integriert ist, läßt sich durch den selbstbauenden Sternfreund kaum mechanisch bewältigen.

Eines noch zu den erforderlichen Planspiegeln. Besonders von ihrer exakten Oberflächengestalt hängt es ab, ob die Leistung des Objektivs voll zur Geltung kommt. Die Beschaffung geeigneter, hochwertiger Planspiegel ist meist das größte Problem beim Bau von Faltrefraktoren. Vor allem der erste Spiegel (in Lichtrichtung) sollte eine Ebenheit besitzen, die einem Krümmungsradius von  $>10^4 \text{ m}$  entspricht und dabei ein Durchmesser/Dicken-Verhältnis von  $<6$  aufweisen. Die Forderungen an die Ebenheit des zweiten Spiegels sind nicht ganz so kritisch und nur etwa  $1/4$  bis  $1/2$  so hoch wie beim ersten <sup>1)</sup> Wer an die mit diesem Instrumententyp erreichten Ergebnisse nicht recht glauben will, schaue sich die damit hergestellten Mond- und Jupiteraufnahmen im Ahnert'schen Sternkalender 1967 an und lese die zugehörigen Bemerkungen.

<sup>1)</sup> Für die Prüfung von Planflächen stehen dem Amateur kaum die notwendigen Prüfmittel zur Verfügung. Nach [14] ist jedoch eine einfache Prüfung mit einer näherungsweise quantitativen Aussage möglich. Der Prüfling wird vor einem Fernrohr (evtl. Feldstecher) so angeordnet, daß seine Fläche einen Winkel von  $5-10^\circ$  mit der optischen Achse des Fernrohrs bildet und ein gut definierbarer Gegenstand über streifende Reflexion in der Planfläche im Fernrohr sichtbar ist. Ist dieses sichtbare Bild scharf und bleibt vor allem scharf definiert, wenn der Spiegel vor dem Fernrohrsubjektiv in seiner Flächenebene gedreht wird (eine Bewegung des Bildes ist dabei

ohne Belang!), so ist der „Radius“ der ebenen Spiegelfläche  $R > 20 \cdot f^2$  (in m). Dabei ist  $f$  die Vergrößerung des verwendeten Fernrohrs.

Lit.: [1] Ahnert, P.: Kalender für Sternfreunde 1974. Leipzig 1973, S. 191. – [2] Ingalls, A.: Amateur Teleskope Making I. New York 1970, S. 311. – [3] Gleichen, A.: Leitfaden der praktischen Optik. Leipzig 1906. – [4] Mücke, H.: Telementor und Telemotor. Jenaer Rdsch. 29 (1984) 123–126. – [5] Wyld: The Design of Refractor Objectives by Ray Tracing in Amateur Teleskope Making III. New York 1971, S. 596. – [6] König; Köhler: Die Fernrohre und Entfernungsmesser. Berlin, Göttingen 1959. – [7] Bahner: Teleskope in Flügel: Handbuch der Physik. Berlin, Heidelberg 1967. – [8] Wiedemann: Verfeinerte Optiken für Astro-Amateure. Sterne und Weltraum 1976, S. 366. – [9] Wedel: Immersionsobjektiv von W. Busch. Sterne und Weltraum 1980, S. 422. – [10] Scholze, H.: Bemerkungen zum Selbstbau von Fernrohren. Astr. u. Raumfahrt 18 (1980) 185. – [11] Plassmann, J.: Hevelius. Berlin 1922, S. 485. – [12] Wepner: Berechnung der Blenden eines Refraktors. Sterne u. Weltraum 1976, S. 289. – [13] Darnell: Lange Brennweite kurz verpackt. Sterne und Weltraum 1963, S. 285. – [14] Naumann: Optik für Konstrukteure. Halle 1949, S. 59.

## Plejaden-Bedeckungen durch den Mond

Eine neue Serie von Plejaden-Bedeckungen hat 1986 begonnen und dauert bis 1992. Bei einigen günstigen Passagen des Mondes können u. U. auf der gesamten Nachtseite der Erde mehr als tausend Sternbedeckungsbeobachtungen erzielt werden. Da die relativen Positionen der Plejaden-Sterne sehr genau bestimmbar sind, lassen sich derart viele Beobachtungen aus einer Nacht zu einem detaillierten Vergleich der beobachteten Profilmomente mit den theoretischen Mondrandkorrekturen aus Watters Karten verwenden. Wichtig ist dazu die Erfassung möglichst vieler Profilmomente des gesamten Mondrandes mit Beobachtungen totaler Bedeckungen. Um den östlichen und westlichen Mondrand gleich gut zu untersuchen, sind Vordrängänge bei zu- und abnehmendem Mond zu berücksichtigen (Ein- bzw. Austritte am dunklen Rand). Für die wissenschaftliche Nutzung der Beobachtungen sind Unsicherheiten der Zeitpunktmessungen von max.  $\pm 0,2 \text{ s}$  zulässig. Die sichersten Messungen durch weniger erfahrene Beobachter sind bei Kontakten heller Sterne mit dem dunklen Mondrand zu erreichen. Entsprechende Vorhersagen sind im „Kalender für Sternfreunde“ gegeben. Die Plejaden-Sterne liegen im Bereich von ZC 536 bis ZC 567 (außer ZC 540, 544, 547, 553–555, 558, 563, 565 und 566). Beobachtungen von Bedeckungen am hellen Rand sind nur beim hellsten Plejaden-Stern (Alcyone = Eta Tau = ZC 552;  $3^m 0$ ) ausreichend. In einigen Fällen können innerhalb einer Minute mehrere Bedeckungen stattfinden. Liegen sie für eine sichere Erfassung beider Ereignisse zeitlich zu dicht beieinander, sollte man sich auf die Bedeckung mit dem geringeren Abstand zu einem der Mondpole bzw. auf die mit größerer Sicherheit zu sehende Bedeckung konzentrieren.

Ernsthafte Interessenten können sich wegen weiterer Informationen an den AK Sternbedeckungen (Sternwart Ellenburg, Am Mansberg, Ellenburg, 7280) wenden. Zuverlässige Beobachtungen sind ebenfalls dorthin zu senden.

DIETMAR BÜTTNER

## Astronomischer Büchertisch

### Aus dem Angebot von DDR-Verlagen auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1987

#### NEUERSCHEINUNGEN

- Ahnert, Paul: Kalender für Sternfreunde 1988, 190 S., 55 Abb., zahlr. Tab., J. A. Barth Verlag Leipzig, Bestell-Nr. 7938055, 5,70 M
- Archimedes: Kugel und Zylinder. Über Paraboloid, Hyperboloid und Ellipsoid. Übers. aus dem Griechischen und hg. von A. Czwalina-Allenstein, Reprint, 80 u. 76 S. mit 87 Abb., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, Bestell-Nr. 6696066, 20,— M
- Archimedes: Über Spiralen. Die Quadratur der Parabel. Über das Gleichgewicht ebener Flächen. Übers. aus dem Griechischen und hg. von A. Czwalina-Allenstein, Reprint, 72 u. 64 S. mit 92 Abb., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, Bestell-Nr. 6696074, 17,— M
- Archimedes: Über schwimmende Körper und die Sandzahl. Übersetzung aus dem Griechischen und hg. von A. Czwalina-Allenstein, Reprint, 82 S. mit 37 Abb., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig Leipzig, Bestell-Nr. 6696081, 11,— M
- Atlas zur Interpretation kosmischer Multispektral-Scanneraufnahmen. Methodik und Ergebnisse, 124 Tafeln in Leinenmappe, Akademie-Verlag Berlin, Bestell-Nr. 7634705, 480,— M
- Bestlik, Alexander: Menschen und Sterne, 20 S. (für Leser von 7 Jahren an), Gemeinschaftsausgabe des Verlages Junge Welt Berlin mit dem Verlag Malysh Moskva, Bestell-Nr. 6836399, 12,50 M
- Grube, Gerd-Rainer: Ziolkowski. Bastelbogen, 8 S. Karton, 4 S. Umschlag, mit 1 Ringgummi und 1 Luftballon [Funktions- und Spielmodelle, die das Rückstoßprinzip einer Rakete verdeutlichen u. eine Kurzbiographie Ziolkowskis], Verlag Junge Welt Berlin, Bestell-Nr. 6846669, 1,80 M
- Grundkalendarium 1989, etwa 52 S., Staatsverlag der DDR Berlin, Bestell-Nr. 7722959, 70,— M
- Gutzer, Hannes u. Hans-Dieter Pauer: Wenn Kepler einen Computer gehabt hätte, 192 S. mit 46 Abb., 4 Tab. u. 11 Basis-Programmen, VEB Fachbuchverlag Leipzig, Bestell-Nr. 5472298, 9,80 M
- Hamel, Jürgen: Astrologie - Tochter der Astronomie?, 128 S., etwa 60 vierfarbige Abb., akzent-Reihe, Urania-Verlag Jena Berlin, Bestell-Nr. 6541566, 4,50 M
- Kahnt, H. u. B. Knorr: Lexikon Alte Maße, Münzen und Gewichte, 380 S. mit 214 Abb. u. 24 Farbtafeln, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, Bestell-Nr. 5778254, 27,80 M
- Kepler, Johannes: Neue Stereometrie der Körper. Übers. aus dem Lateinischen u. hg. von R. Klug, Reprint, 130 S. mit 29 Abb., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, Bestell-Nr. 6696058, 17,— M
- Kepler, Johannes: Vom sechseckigen Schnee. Übers. aus dem Lateinischen u. hg. von D. Goetz, Reprint, 80 S. mit 3 Abb., Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, Bestell-Nr. 6696023, 12,— M
- Koch, R. (Hrsg.): Lexikon Uhren und Zeitrechnung, 400 S. mit über 200 Abb., 8 Schwarzweiß- und 32 Farbtafeln, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, Bestell-Nr. 5779919, 25,— M
- Kowal, A. u. L. Dennissow: In den Weltraum zum Nutzen der Menschheit, 480 S., zahlr. Fotos, Gemeinschaftsausgabe des Verlages Progreß Moskva und des Staatsverlages der DDR Berlin, Bestell-Nr. 7722748, 19,80 M

- Lauterbach, Robert: Der Mensch und die Planeten, 120 S., 43 farb. Zeichnungen u. 10 Tab., Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin, Bestell-Nr. 6541275, 7,80 M
- Marow, M. G.: Die Planeten des Sonnensystems, 344 S. mit 91 Abb., BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, Bestell-Nr. 6662624, 15,50 M
- Mielke, Heinz: Geschichte der Weltraumfahrt. Quartettspiel für Kinder ab 10 Jahren, Verlag für Lehrmittel Pönsneck, Bestell-Nr. 3348410, 2,40 M
- Müller, Manfred (Hrsg.): Friedenspolitik im nuklearkosmischen Zeitalter, 175 S., Staatsverlag der DDR Berlin, Bestell-Nr. 7721606, 10,50 M
- Schmidt, Max (Hrsg.): Weltraumrüstung. Strategie - Widersprüche - Alternativen, 240 S., Staatsverlag der DDR Berlin, Bestell-Nr. 7723350, 9,80 M
- Stache, Peter: Sowjetische Raketen. Im Dienst von Verteidigung und Wissenschaft, 304 S. mit Abb. u. Karten, Militärverlag der DDR Berlin, Bestell-Nr. 7468970, 35,— M
- Verne, Jules: Reise um den Mond, 224 S., Verlag Neues Leben Berlin, Bestell-Nr. 6440984, 5,40 M

#### NACHAUFLAGEN

- Ahnert, Paul: Astronomisch-chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten, 6., überarb. Aufl., 100 S., 4 Abb., 50 Tab., Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig, Bestell-Nr. 7937925, 18,— M
- Butkewitsch, A. W. u. M. S. Selikson: Ewige Kalender, 5., bearb. Aufl., 120 S. mit 22 Abb., BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, Bestell-Nr. 6656961, 5,90 M
- Dautcourt, G.: Was sind Pulsare? 5. Aufl., 98 S. mit 22 Abb., BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, Bestell-Nr. 6657067, 4,90 M
- Dautcourt, G.: Was sind Quasare? 4., überarb. Aufl., 5., bearb. Aufl., 120 S. mit 22 Abb., BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, Bestell-Nr. 6657534, 4,90 M
- Erdmond, Vorder-/Rückseite, Haack-Handkarte, 1:12000000, 3. Aufl., VEB Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha, Bestell-Nr. 5981770, 9,80 M
- Gellert, Johannes F.: Die Erde. Sphären, Zonen und Regionen-Territorien, 2., aktualisierte Aufl., 332 S., 176 Farbfotos, 186 vierfarbige Zeichn., Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin, Bestell-Nr. 6537508, 29,80 M
- Herneck, Friedrich: Einstein und sein Weltbild, 4. Aufl., 368 S., Bildtext, Buchverlag Der Morgen Berlin, Bestell-Nr. 6952496, 10,80 M
- Herrmann, Dieter B.: Von Sternen und Feuerrädern, 3. Aufl., 63 S., Verlag Junge Welt Berlin, Bestell-Nr. 6833665, 10,50 M
- Homann, J. B.: Planiglobii Terrestris cum utroque Hemisphaerio Caestii Generalis Exhibitio, 2. Aufl., 61 cm x 57 cm im Köcher, VEB Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha, Bestell-Nr. 9664916, 26,— M
- Hoppe, J.: Johannes Kepler, 5. Aufl., 96 S. mit 10 Abb., BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, Bestell-Nr. 6655862, 4,70 M
- Lindner, Klaus: Jugendlexikon Astronomie, 2., durchges. Aufl., 192 S. mit 143 Abb. u. 47 Tab., VEB Bibliographisches Institut Leipzig, Bestell-Nr. 5778537, 6,50 M
- Strube, Wilhelm u. Helga: Kepler und der General, 2. Aufl., 280 S., Verlag Neues Leben Berlin, Bestell-Nr. 6438518, 9,20 M
- Uhlig, L.: Leitfaden der Navigation - Astronomische Navigation, 4., bearb. u. ergänzte Aufl., 200 S., 171 Abb., 13 Tafeln als Falanlage, 13 Tab., transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin, Bestell-Nr. 5670358, 26,— M



## Ausgewählte Daten aus der Chronik der Astronomie in Berlin

**1526:** Das erste in Berlin verfaßte astronomische Werk „Bedeutniß und offenbarung warer himlischer Inflixion“ erscheint. Autor ist Johann Carion (1499–1537), der seit 1522 Hofastronom bei dem Kurfürsten Joachim I. war und regelmäßig mit transportablen Instrumenten von einem Turm des Schlosses beobachtete. Eine im Februar 1524 eingetretene Planetenkonstellation war Anlaß für ihn, nebst anderen Astronomen eine große Überschwemmung zu prophezeien.

**1541:** Erstes in Berlin gedrucktes astronomisches Werk: „In geometriam et sphaeram isagogica introductio“, von Heinrich Chnustinus (1521–1577).

**1572:** Leonard Thurneysser (1530–1596) richtet im ehem. Grauen Kloster eine Druckerei ein, die zu den bedeutendsten der Mark Brandenburg gehörte; Autor zahlreicher Kalendarien und anderer astronomisch-astrologischer sowie medizinischer und chemischer Werke.

**1700:** Einführung des „Verbesserten Reichskalenders“ (im wesentlichen der gregorianischen Kalender).

**1700:** Gründung der Berliner „Societät der Wissenschaften“, später Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften, heute Akademie der Wissenschaften der DDR; erster Akademiestronom Gottfried Kirch (1639–1710), Entdecker des Kometen 1680/81, des Sternhaufens M11 (1681) und des Lichtwechsels von  $\chi$  Cygni (1681); veröffentlichte seit 1681 astronomische Ephemeriden und zahlreiche kleinere Schriften; in Berlin Herausgeber der Akademikalkender.

**1703:** Baron Bernhard Friedrich von Krosigk (1656 bis 1714) richtet in seinem Haus in der Wallstr. 72 die erste Berliner Sternwarte ein, auf der Kirch ab 1705 und Johann Wilhelm Wagner (1681–1745) beobachteten.

**1710:** Johann Heinrich Hoffmann (1609–1716) bis 1716 Akademiestronom.

**1711:** Übergabe der ersten Sternwarte der Berliner Akademie in der Dorotheenstr., heute Clara-Zetkin-Straße.

**1716:** Christian Kirch bis 1740 Direktor der Berliner Sternwarte.

**1741:** Leonard Euler (1707–1783) bis 1766 Direktor der mathematischen Klasse der Akademie.

**1752:** Joseph Jérôme Lalande (1732–1807) arbeitet an der Berliner Sternwarte, um mit Nicolas Louis Lacaille (1713–1762), der von Johannesburg (Südafrika) beobachtete, die Mondentfernung zu bestimmen.

**1764:** Johann Bernoulli III (1744–1807) bis 1786 Direktor der Berliner Sternwarte.

**1766:** Joseph Louis Lagrange (1736–1813) bis 1787 Direktor der mathematischen Klasse der Akademie.

**1774:** Johann Elert Bode (1747–1826) gründet mit Johann Heinrich Lambert (1728–1777) das „Astronomische Jahrbuch“, eine Ephemeridenansammlung mit umfangreichem Aufsatzeil, das lange führende Kommunikationsorgan der Astronomie (erschien bis 1957). Bode, seit 1772 in Berlin, ist Autor zahlreicher wissenschaftlicher und populärer Werke zur Astronomie; Lambert, seit 1764 an der Akademie, Autor fundamentaler Werke zur Fotometrie und Kosmologie.

**1786:** Bode bis 1825 Direktor der Berliner Sternwarte.

**1801:** Bodes großer Himmelsatlas „Uranographia“ erscheint in Berlin.

**1801:** Umbauarbeiten an der Berliner Sternwarte.

**1810:** Eröffnung der Berliner Universität. Bode hält „Gemeinnützige Vorlesungen über die Astronomie oder zur allgemeinen Weltbetrachtung gehörigen Wissenschaften“.

**1811–44:** astronomische Vorlesungen an der Universität: Jabbo Oltmans (1783–1833), Johann Georg Tralles (1763–1822), Johann Philipp Gruson (1768–1857), Enno Heeren Dirksen (1792–1850), Christian Ludwig Ideler (1766–1846) und Martin Ohm (1792–1872).

**1824:** Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846) initiiert das Projekt der Berliner Akademischen Sternkarten; Abschluß als internationales Unternehmen der Akademie 1859.

**1825:** Johann Franz Encke (1791–1865) bis 1863 Direktor der Berliner Sternwarte (Beiträge zur Himmelsmechanik, Bestimmung der Astronomischen Einheit, Kometenbahnen, Entdeckung einer Teilung des Saturnringes).

**1826:** Encke beginnt Vorlesungen an der Berliner Universität (bis 1863).

**1827/28:** Alexander von Humboldt (1769–1859) „Kosmos“-Vorlesungen in der Singakademie (heute: Maxim-Gorki-Theater), deren Bearbeitung 1845 als „Kosmos-Entwurf einer Physischen Weltbeschreibung“ im Druck erscheint.

**1835:** Einweihung des neuen Sternwartengebäudes nach Entwürfen von Karl Friedrich Schinkel (1781–1841), 1913 abgerissen.

**1837:** „Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen“, ein Grundlagenwerk der modernen Selenographie von Johann Heinrich Mädler (1794 bis 1874) und Wilhelm Beer (1797–1850) erscheint in Berlin.

**1846:** Johann Gottfried Galle (1812–1910) entdeckte mit Unterstützung von Heinrich Ludwig d'Arrest (1822 bis 1875) den Planeten Neptun.

**1855:** Wilhelm Foerster (1832–1921), Astronom, Wissenschaftsorganisator beginnt seine Tätigkeit an der Sternwarte; Mitwirkung bei der Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums der „Urania“, des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht; trat für progressive soziale Reformen ein, unterschrieb gemeinsam mit Einstein den „Aufruf an die Europäer“ gegen den 1. Weltkrieg.

**1858/59:** Foerster hält bis 1911/12 Vorlesungen an der Berliner Universität.

**1863:** Foerster bis 1903 Direktor der Berliner Sternwarte.

**1865:** Trennung der Sternwarte von der Berliner Akademie.

**1866:** Arthur von Auwers (1838–1915) bis 1915 Akademiestronom.

**1871:** Denkschrift Foersters zur Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP).

**1874:** Gründung des AOP, bis zur Fertigstellung der Gebäude Arbeiten in der Berliner Sternwarte und im Turmbau des Militärwissenschaftlichen Potsdam; Foerster bis 1876 Direktor.

**1874:** Gründung des Astronomischen Recheninstitutes als Abteilung der Berliner Sternwarte, ab 1895 selbständiges Institut.

**1879:** Der neue Gebäudekomplex des AOP auf dem Telegraphenberg in Potsdam wird eingeweiht; Leitung durch ein Direktorium (Kirchhoff, Auwers, Foerster) von 1876–1882.

**1882:** Hermann Carl Vogel (1841–1907) bis 1907 Direktor des AOP.

**1888:** Entdeckung der Polhöhen schwankung durch Friedrich Küstner (1856–1936) an der Sternwarte.

**1888:** Gründung der Berliner Gesellschaft „Urania“, erster Direktor bis 1896 Max Wilhelm Meyer (1853 bis 1910).

**1894:** Bruno Hans Bärzel (1875–1948) arbeitet bis 1900 an der Urania-Sternwarte, Verfasser zahlreicher populärer astronomischer Bücher.



1894: Gründung des Lehrstuhls für Astrophysik an der Universität, Berufung von Julius Scheiner (1858—1919).  
 1895: Julius Bauschinger (1860—1934) bis 1909 Direktor des Astronomischen Recheninstituts.  
 1896: Entdeckung des Planeten Berolina durch Gustav Witt (1860—1940) auf der Urania-Sternwarte, deren Direktor er von 1904—1922 war.  
 1896: Gründung der Treptower Sternwarte zur Berliner Gewerbeausstellung durch Friedr. Simon Archenhold (1861—1939), Begründer der populären Zeitschrift „Das Weltall“ (1900—1944).  
 1898: Entdeckung des Planetoiden Eros durch Witt (Urania-Sternwarte).  
 1904: Karl Hermann Struve (1854—1920) bis 1920 Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1909: Fritz Cohn (1906—1922) bis 1922 Direktor des Astronomischen Recheninstituts.  
 1909: Einweihung des Neubaus der Treptower Sternwarte.  
 1909: Karl Schwarzschild (1873—1916) bis 1916 Direktor des AOP.  
 1909: Ejnar Hertzsprung (1873—1907) arbeitet bis 1919 am AOP.  
 1913: Verlegung der Sternwarte nach Babelsberg aus Gründen der Großstadtentwicklung Berlins.  
 1913: Urania-Sternwarte wird Übungssternwarte der Universität.  
 1914: Albert-Einstein (1879—1955) siedelt nach Berlin über, schließt hier seine „Allgemeine Relativitätstheorie“ ab.  
 1917: Gustav Müller (1851—1925) bis 1921 Direktor des AOP.  
 1919: Umwandlung der Berliner Sternwarte aus Königlich-Sternwarte in Universitätssternwarte.  
 1920: Paul Guthnick (1871—1947) bis 1946 Direktor der Berliner Sternwarte; Anwendung der Photozelle zur Helligkeitsbestimmung der Sterne.  
 1921: Friedrich Wilhelm Ludendorff (1873—1941) bis 1939 Direktor des AOP.  
 1925: Inbetriebnahme des Einsteinturms unter Leitung von Erwin Fritz Finley-Freundlich (1885—1964), Direktor bis 1933.  
 1926: Einweihung des Planetariums am Bahnhof Zoo.  
 1927: Robert Henseling (1883—1964) Direktor des Berliner Planetariums; Gründer des Bds und Herausgeber der populären Zeitschrift „Die Sterne“, 1927 der 63. Jahrgang.  
 1928: Richard Sommer (1888—1982) bis 1945 Direktor des Berliner Planetariums.  
 1928: Auflösung der Berliner Gesellschaft „Urania“.  
 1931: Günter Archenhold (geb. 1904) bis 1936 Direktor der Treptower Sternwarte.  
 1936: Die Nazi-Machthaber erklären die „jüdische Leitung“ der Treptower Sternwarte für untragbar. G. Archenhold wird als Direktor abgesetzt. Die Sternwarte wird in den Besitz der Stadt übernommen.  
 1936: R. Sommer bis 1945 wissenschaftlicher Leiter der Treptower Sternwarte.  
 1939: Schließung der Urania-Übungssternwarte.  
 1939: Hans Kienle (1895—1975) bis 1950 Direktor des AOP.  
 1945: Zerstörung der Urania-Sternwarte und des Planetariums durch Kriegseinwirkungen.  
 1946: Die Treptow-Sternwarte erhält im Rahmen der Feier zum 50-jährigen Bestehen den Namen „Archenhold-Sternwarte“.  
 1946: Walter Kahrstedt (1897—1971) bis 1955 Direktor des Astronomischen Recheninstituts, Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1947: Kienle bis 1950 Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1947: Berliner Sternwarte wird wieder an die Akademie der Wissenschaften angeschlossen.  
 1948: Tagung deutscher Volksternwarten an der Archenhold-Sternwarte, wichtige Impulse zur Wiederbelebung der populärwissenschaftlichen Arbeit.

1948: Diedrich Wattenberg (geb. 1909) bis 1976 Direktor der Archenhold-Sternwarte.  
 1950: Walter Grotrian (1890—1954) bis 1954 Direktor der Berliner Sternwarte; Direktor des AOP.  
 1954: Johann Wempe (1906—1980) bis 1955 Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1955: Kahrstedt bis 1961 Direktor der Berliner Sternwarte; Direktor des AOP.  
 1956: Wempe bis 1966 Direktor des AOP.  
 1957: Inbetriebnahme des 36m-Radioteleskops auf dem Gelände des Heinrich-Hertz-Instituts Berlin-Adlershof.  
 1959: Einweihung des ersten Zeiss-Kleinplanetariums ZKP-1 an der Archenhold-Sternwarte.  
 1962: Johannes Hoppe (geb. 1907) bis 1966 Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1966: Hans-Jürgen Treder (geb. 1928) bis 1969 Direktor der Berliner Sternwarte.  
 1968: DDR-Beteiligung am Interkosmos-Programm; Institut für Elektronik, Hans-Joachim Fischer (geb. 1930) bis 1981 Direktor.  
 1969: Gründung des Zentralinstituts für Astrophysik (ZIAP); Sternwarte Babelsberg, AOP, Sternwarte Sonneberg und Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg, bis 1982 Direktor Treder.  
 1976: Einsatz der Multiplexkamera MKF-6 auf Sojus 22; Entwicklung im VEB Carl Zeiss Jena und dem Institut für Elektronik.  
 1976: Dieter B. Herrmann (geb. 1939) Direktor der Archenhold-Sternwarte.  
 1981: Gründung des Instituts für Kosmosforschung (IKF), Direktor Robert Knuth (geb. 1935); Teilnahme am Interkosmos-Programm.  
 1982: Karl-Heinz Schmidt (geb. 1932) Direktor des ZIAP.  
 1982: Inbetriebnahme des neuen Zeiss-Kleinplanetariums ZKP-2 an der Archenhold-Sternwarte.  
 1983: Inbetriebnahme des rekonstruierten Großen Refraktors der Archenhold-Sternwarte.  
 ab 1983: Beteiligung des IKF am VEGA-Programm.  
 ab 1986: Beteiligung des IKF am Phobos-Projekt.  
 1987: Einweihung des Zeiss-Großplanetariums Berlin im Ernst-Thälmann-Park.

Eine Literaturzusammenstellung zum Thema Geschichte der Astronomie in Berlin wurde in AuR 25 (1987) 1 abgedruckt.

D. FÜRST, J. HAMEL, D. B. HERRMANN

## Die ZKAR informiert

### Die X. Zentrale Tagung für Astronomie

wird voraussichtlich vom 26. bis zum 28. 2. 1988 in Dresden stattfinden. Es sind zwei Themenkreise geplant:

1. „Astronomie und Heimatgeschichte als Amateuraktivitäten“.
2. „Amateurbeobachtungen an Objekten des Sonnensystems“.

Ein umfangreiches Rahmenprogramm, das auch eine Ehrung des Bauern und Amateurastronomen Georg Palitzsch in Dresden-Proßlitz einschließen wird, befindet sich in Vorbereitung. Das Tagungsprogramm wird rechtzeitig in „Astronomie und Raumfahrt“ veröffentlicht werden.

ZKAR



## Leserbrief

Wertes Redaktionskollegium!

Seit vielen Jahren bin ich Leser Ihrer Zeitschrift. In dieser Zeit haben mir die Beiträge der Zeitschrift geholfen, mich in Sachen Astronomie weiterzubilden. Leider muß ich feststellen, daß in den letzten Jahren eine negative Entwicklung zu beobachten ist. Mehr und mehr nehmen Raumfahrtbeiträge überhand, die keine Verbindung mehr zur Astronomie haben. Sie machen bereits z. T. über 50 % des Heftes aus und wenn die Entwicklung so weiter geht, wird es noch reine Raumfahrtheft geben! Ich bin der Meinung, daß sich hier nicht mehr an die Konzeption über die Entwicklung der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ gehalten wird (AuR 2/77, S. 64). Darin heißt es: „Die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ wendet sich an alle an der Astronomie interessierten Menschen, vor allem aber an die praktisch tätigen Amateurastronomen, ...“. In der Liste der Zielstellungen lautet es unter „4. Astronomische Ergebnisse der Raumfahrt und Aufgaben der Kosmosforschung“ darzustellen. Ich gebe zu, diese Konzeption ist jetzt zehn Jahre alt, aber m. E. gibt es noch keine andere.

Diese Bemerkungen sollen keinesfalls den Eindruck erwecken, ich sei ein potentieller Gegner der Raumfahrt. Im Gegenteil, die Beiträge über die Halley-Missionen waren sehr interessant. Hier ist ja die Verbindung zur Astronomie klar. Andererseits sind die Raumfahrtstatistiken Tabellen mit wenig Informationsgehalt bzw. interessieren speziell nur die Mitglieder des Arbeitskreises Raumfahrt (zumal diese Tabellen auch schon an anderer Stelle erschienen sind).

Man sollte doch auf die ursprüngliche Konzeption zurückgreifen: „Die Zeitschrift soll einerseits der ständigen Qualifizierung der Amateurastronomen auf fachwissenschaftlichen und damit in Zusammenhang stehenden philosophischen Fragen dienen, andererseits zum Erfahrungsaustausch zwischen den Amateuren beitragen.“ Vielleicht sollte man aber auch einfach einmal die Leser (bzw. einen repräsentativen Teil von ihnen) zu dieser Problematik befragen.

Ich möchte Ihnen trotz dieser kritischen Bemerkungen meinen Dank für die geleistete Arbeit aussprechen ...

GERTRAUDE KUNATH, Dresden

**Verkaufe** massives Schneckenrad (300 Zähne) mit Schnecke, geschliffen (350 M), Schrittmotor mit Getriebe (400 M), stabilen Okularauszug (150 M), Zenitprisma, neu (115 M), div. Einzelteile f. Montierungsbau. — Dietmar Böhme, PF 93, Nessa, 4851.

**Suche** Sternatlas, Sternkarten, Literatur über Sternwarten und astron. Beob.-Instrumente. — Marcus Richert, Semmelweisstr. 7, Magdeburg, 3014.

**Verkaufe** „Die Sterne“ Jahrg. 1951 bis 1980 für 120 M. H.-J. Gerstner, Pohlstrandstr. 33, Dresden, 8019.

**Verkaufe** Schwalbenschwanzzeile von Meniscas-Cassegrain-Sp. 150 M. — Th. Kreubel, Okenstr. 26, Jena, 6900.

**Verkaufe** 80/840 AS-Obj. in Fassg. (450 M), Telemontorsativ (190 M), Zenitprisma (100 M); Okulare: 40-H (70 M), 6-0 (50 M). — Schriftl. an T. Wicht, Heidekampweg 123, Berlin, 1195.

## „GLOSSAR“

Der äußere Anlaß für die folgenden Kurzinformationen ist ein an sich geringfügiger „Druckfehler“ im Aufsatz über Uranussatelliten unseres Autors M. Reichstein im Heft 1/1987, der aber eine etwas stärkere, sinnverwirrende Nebenwirkung hatte. Dort wurde auf Seite 5 in Spalte 1, Textzeile 10/11 statt des richtigen Fachausdrucks „prograd“ die Bezeichnung „pro Grad“ gesetzt. Da der Wortschatz der Astronomie, besonders aber der Planetologie, durch die Datenflut der Raumfahrt in ständiger Erweiterung begriffen ist und viele der neuen Begriffe oft nur dem Fachmann in ihren Definitionen geläufig sind, wollen wir von jetzt an in dieser „Glossarecke“ unserer Zeitschrift von Fall zu Fall solche oder ähnliche „problematische Termini“, für unsere Leser mit einigen möglichst praxisbezogenen ergänzenden Bemerkungen versehen, zu erläutern versuchen. Hier unser erstes Beispiel.

Die Redaktion

### Zur Richtungsdefinition bei drehender Bewegung

Orientierungsbasis für alle Drehsinn-Definitionen im Sonnensystem ist immer die Betrachtung vom jeweiligen Nordpol, entweder dem der Ekliptik oder dem des rotierenden Körpers, aus.

Als Begriffspaare stehen sich gegenüber:

**rechtläufig und rückläufig** (hauptsächlich für Bahnbezeichnungen)

**direkt und indirekt** (hauptsächlich zur Ansprache der Rotation)

**prograd und retrograd** (gleichwohl zur Definition von Rotation oder der Bahnbezeichnung angewendet).

Unter „rechtläufig“ oder „prograd“ versteht man grundsätzlich eine Bewegungsorientierung im Antihurzeigersinn, bzw. von West nach Ost, und für „retrograd“ entsprechend von Ost nach West.

Die Termini „retrograd“ und „prograd“ sind wegen ihrer relativen Kürze bei klarer Aussage als Begriffspaar deutlich im Vormarsch. (Vor allem im englischsprachigen Schrifttum, hier als „prograde und retrograde“ geschrieben, hat sich namentlich neben dem fast erwürgenden französischen *rétrograde* oder „Retrogradus“ der alten lateinischen Texte im letzten Jahrzehnt nicht zuletzt wegen der intensivierten Kleinkörperforschung das „prograde“ für den nur unter Planeten ausnahmslos gültigen „Normalfall“ der „Rechtläufigkeit“ eingebürgert.)

Hinzuzufügen wäre noch aus der planetologischen Praxis in diesem Zusammenhang, daß man von „Ko-Rotation“ spricht, wenn gleiche Winkelgeschwindigkeiten bei verschiedenen Objekten vorliegen, z. B. beim Vergleich der Umlaufzeiten von Planetenoberflächen und Ringpartikeln usw.

Häufig geworden sind auch Hinweise auf vorhandene „Superrotation“, z. B. von bestimmten atmosphärischen Bereichen mit ihren Wolkengürteln über den Großen Planeten, bzw. auch bei der Venus. Gemeint ist dann immer das Vorwärtsein der atmosphärischen Strömungen gegenüber der Winkelgeschwindigkeit der gleichsinnig orientierten Rotation des jeweiligen Planeten. — M. R.

## Erstes Spezialmodul für MIR

Nach anfänglichen Problemen mit der Kopp-  
lungstechnik dockte am 12. April 1987 das  
astrophysikalische Observatorium Quant an  
den Basisblock MIR an.

Im Mai konnte das vorgesehene wissen-  
schaftliche Programm aufgenommen werden.  
Hauptausrüstung dieses Spezialmoduls ist  
ein gemeinsamer sowjetisch-westeuropäischer  
Beobachtungskomplex im Röntgenstrah-  
lungsbereich. Speziell soll das Spektrum der  
„weichen“ Röntgenstrahlung bis in den Gama-  
Bereich – zwischen 2000 und 800 000  
Elektronen Volt – untersucht werden. Das  
entspricht Wellenlängen zwischen 0,6 und  
0,002 Nanometern.

Das Röntgenobservatorium von nahezu 1 t  
Gewicht besteht aus folgenden vier Instru-  
menten:

Hochenergie-Detektor (20 000–800 000 eV), Institut für  
Weltraumforschung der UdSSR IKI  
Hochdruck-Gas-Scintillations-Proportionalzähler (3000  
bis 100 000 eV), European Space Technology Centre  
ESTEC

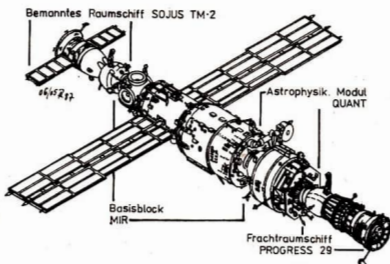
Röntgenkamera (2000–30 000 eV), Institut für Welt-  
raumforschung in Utrecht, Niederlande, in Zusammen-  
arbeit mit der Universität Birmingham, Großbritannien.  
Röntgendetektor (15 000–250 000 eV), Max-Planck-In-  
stitut für Extraterrestrische Physik und Astronomisches  
Institut der Universität Tübingen, BRD.

Der BRD-Röntgendetektor HEXE (High Energy  
X-Ray Experiment) ist mit 800 cm<sup>2</sup> Fläche der bisher  
größte Hochenergie-Röntgendetektor, der auf einem  
Satelliten eingesetzt wurde. Das Gerät befindet sich in  
einem 75 cm hohen Kasten von 45 × 45 cm<sup>2</sup> Kanten-  
länge. Mit sogenannten Kollimatoren – 25 cm hohen,  
Gitterrost-ähnlichen Anordnungen – wird bestimmt,  
aus welcher Richtung die einfallenden Röntgenquanten  
kommen: Die beiden Hälften des aus 0,1 mm dünnen  
Wolfram-Bleichen bestehenden Kollimatoren werden dazu  
im Takt von jeweils einer Minute gegenläufig gekippt,

so daß in diesem Rhythmus entweder  
die Strahlung einer Quelle oder des  
allgemeinen Hintergrunds gemessen  
und miteinander verglichen werden  
können – andererseits aber das be-  
obachtete Objekt immer im Gesamt-  
Blickfeld des Detektors bleibt.

Die ankommenden Röntgenquan-  
ten schlagen in dem sog. „Phoswich-  
Detektor“ ein. Beim Eindringen ent-  
steht ein Lichtblitz, der, von Foto-  
vervielfachern verstärkt, registriert  
wird. Daraus läßt sich die Energie  
der einzelnen Röntgenquanten be-  
stimmen. Wissenschaftliches Ziel der  
Mission ist die detaillierte Unter-  
suchung des Energiespektrums und  
der zeitlichen Struktur der Rönt-  
genstrahlung von kompakten galak-  
tischen und extragalaktischen Ob-  
jekten. Das Studium der Röntgenemis-  
sion ist heute die direkteste Methode,  
mehr über die physikalischen Pro-  
zesse in heißen kosmischen Plasmen  
in der Umgebung von Schwarzen  
Löchern, Neutronensternen und  
Weißen Zwergen zu lernen.

Alle beteiligten Länder verfügen über  
reichhaltige Erfahrungen beim Ein-  
satz von satellitengestützten Rönt-  
gensensoren.



Die UdSSR schickte im Dezember 1966 mit Kosmos 135  
ihren ersten Röntgensatelliten ins All. Umfangreichere  
Arbeiten begannen dann an Bord von Salut 1 mit dem  
Gammatelскоп ANNA, in Salut 4 mit den Apparaturen  
FILIN und RT-4 sowie in Salut 7 mit der weiterent-  
wickelten Version RT-4M. Das Astro-Laboratorium  
ASTRON 1 trug neben einem Ultraviolettteleskop auch  
ein Röntgenspektrometer.

In den Niederlanden und Großbritannien wurden bereits  
eigene Röntgenforschungsatelliten entwickelt und ge-  
startet.

In der BRD war für 1987 der Satellit ROSAT geplant.  
Aufgrund der Shuttle-Katastrophe steht jedoch vor-  
läufig kein Transportmittel zur Verfügung.

In der Tabelle sind die wichtigsten bisher gestarteten  
Raumfahrtflugkörper mit Röntgen- und Gammastrah-  
lendektoren aufgeführt.

Im Quant-Modul befinden sich ferner eine Elektropha-  
rese-Anlage zur Gewinnung höchstreiner Pharmaka und  
das Ultraviolett-Teleskop GLASAR, mit dem sich die  
Schweiz erstmals an einem bemannten sowjetischen Raum-  
flugunternehmen beteiligt.

UWE SCHMALING

| Satellit          | Land     | Start                | Satellit    | Land             | Start        |
|-------------------|----------|----------------------|-------------|------------------|--------------|
| Explorer 11       | USA      | 27. 04. 1961         | Salut 4     | UdSSR            | 26. 12. 1974 |
| Kosmos 135        | UdSSR    | 12. 12. 1966         | Explorer 53 | USA              | 07. 05. 1975 |
| OSO 3             | USA      | 08. 03. 1967 (SAS 3) |             |                  |              |
| Kosmos 166        | UdSSR    | 16. 06. 1967         | OSO 8       | USA              | 21. 06. 1975 |
| Kosmos 208        | UdSSR    | 21. 03. 1968         | COS B       | ESA              | 09. 08. 1975 |
| Kosmos 215        | UdSSR    | 18. 04. 1968         | Helios 2    | BRD              | 15. 01. 1976 |
| Kosmos 251        | UdSSR    | 31. 10. 1968         | HEAO 1      | USA              | 12. 08. 1977 |
| Kosmos 264        | UdSSR    | 23. 01. 1969         | Prognos 6   | UdSSR            | 22. 09. 1977 |
| Lunochod 1        | UdSSR    | 10. 11. 1970         | Prognos 7   | UdSSR            | 30. 10. 1978 |
| Explorer 42       | USA      | 12. 12. 1970         | HEAO 2      | USA              | 13. 11. 1978 |
| (SAS 1,<br>Uhuru) |          |                      | (Einstein)  |                  |              |
| Salut 1           | UdSSR    | 19. 04. 1971         | Hakucho     | Japan            | 21. 02. 1979 |
| Kosmos 428        | UdSSR    | 24. 06. 1971         | (Corsa B)   |                  |              |
| OSO 7             | USA      | 29. 09. 1971         | Ariel G     | GB               | 02. 06. 1979 |
| Kosmos 461        | UdSSR    | 02. 12. 1971         | HEAO 3      | USA              | 20. 09. 1979 |
| TD 1-A            | ESRO     | 12. 03. 1972         | Prognos 8   | UdSSR            | 25. 12. 1980 |
| Apollo 16         | USA      | 16. 04. 1972         | Salut 7     | UdSSR            | 19. 04. 1982 |
| OAO 3             | USA      | 21. 08. 1972         | Tenna       | Japan            | 20. 02. 1983 |
| Explorer 48       | USA      | 15. 11. 1972         | (ASTRO B)   |                  |              |
| (SAS 2)           |          |                      | Astron 1    | UdSSR            | 23. 03. 1983 |
| Skylab 1          | USA      | 14. 05. 1973         | Exosat      | ESA              | 26. 05. 1983 |
| Kosmos 561        | UdSSR    | 25. 05. 1973         | Prognos 9   | UdSSR            | 01. 07. 1983 |
| ANS 1             | Niederl. | 30. 08. 1974         | ASTRO C     | Japan            | 06. 02. 1987 |
| Ariel 5           | GB       | 15. 10. 1974         | Quant       | UdSSR/           | 31. 03. 1987 |
| Helios 1          | BRD      | 10. 12. 1974         |             | INTER-<br>KOSMOS |              |

## Astronomisches Jugendlager 1986

Endlich war es wieder einmal soweit, in diesem Jahr fand das vierte astronomische Jugendlager an der Volkssternwarte Kirchheim statt. Erstmals stand es unter dem Motto „Astrofotografie“. So sollte das Lager in erster Linie vom Erfahrungsaustausch der Teilnehmer leben. Das heißt nicht, daß zu diesem Jugendlager nur Spezialisten der Astrofotografie angereist waren, im Gegenteil, es kamen Sternfreunde mit den verschiedensten Interessen und Erfahrungen.

Natürlich waren auch Referenten zu verschiedenen Spezialgebieten eingeladen worden, die Stoff zur Diskussion und viele interessante Anregungen mitbrachten. Besonderen Anklang fand eine Diskussion zum Selbstbau von Fernrohren und den verschiedensten Zusatzgeräten.

Neben den Vorträgen besuchten wir die IGA, wo uns G. Lohli die Erfurter Volkssternwarte mit ihren Geräten und Aufgaben vorstellte.

Höhepunkt des Lagers war zweifellos die Exkursion nach Tautenburg. Prof. Dr. S. Marx zeigte uns die große Schmidt-Kamera und informierte uns über die Arbeitsgebiete des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg. Danach hatten wir Gelegenheit, von Dr. Högner einiges über die Möglichkeiten der Fotochemie in der Astrofotografie zu erfahren. Begeistert von seinem Vortrag wurden wir mit vielen neuen Tipps und Anregungen wieder zurück nach Kirchheim.

Natürlich sollte auch der praktische Teil des Lagers nicht zu kurz kommen. In Kirchheim standen uns auf Säulen montiert 2 Telemontoren und ein Amateurfernrohr 80/1200 zur Verfügung. In der kleinen Sternwarte waren das 300/4500 Cassegrain-Spiegelteleskop und ein Refraktor 140/1400 einsatzbereit. Zur Astrofotografie ist es hier möglich, zwei Objektive 4/300 Sonnar und ein 2,8/180 Sonnar gleichzeitig nachzuführen.

Die Geräte der Kuppel (50 cm – Newtonspiegel, Refraktor 200/3000 und 110/1650, große Schmidt-Kamera) befinden sich noch im Erprobungsstadium, so daß hier vorerst nur visuelle Beobachtungen bzw. Fokussierungen und Probeaufnahmen in Frage kamen.

Es stand der praktischen Astronomie also nichts weiter im Wege als das Wetter, das aber die ganze Zeit nur unbefriedigend blieb. Es waren nur an einem Abend fotografische Aufnahmen möglich und selbst das nur unter schlechten Bedingungen.

Trotzdem hatten wir Gelegenheit zu einigen faszinierenden Beobachtungen mit den großen Geräten in der Kuppel. So gut hatte kaum einer von uns den Jupiter und die Objekte des Sommerhimmels vorher gesehen.

Neben dem astronomischen Teil gab es noch genügend Arbeit auf dem Gelände der Sternwarte. So wurde es möglich, mit der Unterstützung der Teilnehmer des Jugendlagers, einen Bungalow aufzustellen und auch einige andere Arbeiten auf dem Gelände der Sternwarte weiterzuführen.

Das Lager hat uns allen sehr gut gefallen, wir konnten viele neue Anregungen und Erfahrungen mit nach Hause nehmen und neue Kontakte knüpfen.

Wir bedanken uns noch einmal bei den Kirchheimer Sternfreunden, die alles gut vorbereitet und organisiert hatten und wünschen ihnen viel Erfolg bei ihrer weiteren Arbeit und Freude an den neuen Geräten der großen Sternwarte.

PETER RUCKS

### Korrektur zu Seite 115, Abbildung 5

Bei Teilabb. 5.6. tritt im Strahlengang Seitenumkehr nach Reflexion am zweiten Ablenspiegel ein, nicht (wie abgebildet) vor dem ersten Ablenspiegel. – H. Scho

## REZENSIONEN



### Eroberer des Himmels

Unter diesem poetischen, aber sicher nicht ganz zutreffenden Titel stellt Prof. Dr. D. B. Herrmann sein Buch über die Geschichte der Raumfahrt vor.

Während im 1. Kapitel Raumfahrtmythen und -gedanken des Altertums behandelt werden, ist das 2. Kapitel der Zeit nach der kopernikanischen Wende gewidmet, wobei sich der Bogen der behandelten Themen von der Bewohnbarkeit des Alls bis zu frühen Flugversuchen spannt. Im folgenden Kapitel stellt der Autor einiges aus der Geschichte der militärischen Pulverraketen dar. Das 4. Kapitel beginnt mit Exkursionen zur Geschichte der Luftfahrt, erörtert den Raumfahrtgedanken in der utopischen Literatur seit Jules Verne und führt von Ziolkowski und Oberth bis hin zu den Raketenversuchen der 20er und der Raketenentwicklungen der 30er und 40er Jahre. In zwei weiteren Kapiteln wird die Entwicklung bis zur Gegenwart verfolgt und darüber hinaus „Zukünftiges“ vorgestellt. Gerade in der frühen Geschichte hat der Autor versucht, möglichst vieles zu bringen, ohne allerdings die benutzten Quellen in einem Literaturverzeichnis anzugeben. Mitunter kommt in den ersten Kapiteln die Vorliebe des Autors für Astronomiegeschichte durch, die in seinen anderen Büchern besser aufgehoben ist. Ebenso ist der Versuch, die Luftfahrtgeschichte bis ins 20. Jahrhundert, als sich Luft- und Raumfahrt längst getrennt hatten, „durchzuschleifen“, zum Scheitern verurteilt, denn die Luftfahrtgeschichte ist hier so fragmentarisch geschrieben, daß sie niemandem nützt.

Der Rezensent meint, daß man über Raumfahrtgeschichte allein so viel schreiben kann, daß Abschweifungen nicht nötig sind. Beispielsweise kommt in der Behandlung Jules Vernes gar nicht zur Geltung, was ihn von anderen S.F. Autoren unterscheidet, nämlich daß er in der Raumfahrt eine mit den modernsten technischen Mitteln lösbare Aufgabe sah. Spätere Autoren wie Laßwitz und Wells gingen wieder hinter diese Position zurück, indem sie die Lösung des Schwerkraftproblems forderten. Jules Verne hat auch nicht nur Oberth angeregt, sich mit Raumfahrt zu beschäftigen, sondern auch Ziolkowski. Bei der Beschreibung der heutigen Raumfahrt werden oft nur Einzelergebnisse herausgegriffen, so z. B. der Start von Sputnik 1 als Hauptereignis eines Abends in der UdSSR-Botschaft in Washington. Gerade zur früheren sowjetischen Raumfahrt gibt es inzwischen genügend Material zu einer tieferen Analyse und Wertung. Unklar ist, nach welchen Gesichtspunkten der Autor die ihm für wichtig erscheinenden Ereignisse auswählt. So wird das Geminiprogramm in ganzen 24 halbseltigen Zeilen abgehandelt, der Abschnitt über Salut 6 ist kürzer als der über die ersten Sojusflüge, zu Nachrichtensatelliten findet man auf einsechshalb Seiten keinen anderen Typ als Early Bird und der Abschnitt über militärische Raumfahrt beschränkt sich auf einige Aussagen zu SDI ohne auch nur anzudeuten, daß es auch hier eine lange Entwicklung gab, die man mit zahlreichen Projekten hätte belegen können.

Ebenso wie die Darstellung der neueren Raumfahrtgeschichte inhaltlich nicht überzeugen kann, können dies auch nicht die beigegebenen Abbildungen. Dem Anspruch, Höhepunkte der Raumfahrtgeschichte im Bild zu sehen, wird schon dadurch nicht Genüge getan, daß kein einziges Raumfahrzeug im Flug zu sehen ist. Wostok ist nur durch ein Bild Gagarins, Apollo durch ein Bild Armstrongs vertreten. Statt Fotos gibt es viele Zeichnungen



und Schemata, wovon ein Teil fehlerhaft sind. So liegen in der Sojusträgersysteme in allen Stufen die Sauerstofftanks oben und nicht die Brennstofftanks, die Bremsorientierung der Wostok ist ebenso falsch gezeichnet wie die des Apolloraumschiffes beim Mondorbitbremsmanöver, einschließlich der Injektionspunkte für Bremsen und Rückkehr. Im Abschnitt über Salut 6 findet sich als einziges Bild ein Schema der Multispektraltechnik, das Missionsschema des Shuttle ist falsch (Orientierung in der Startphase, Fallschirmabbringung, Treibstofftank mit Düse) und die Abb. S. 163 zeigt keinen Vikinglander sondern eine vorgesehene selbstfahrende Weiterentwicklung.

Man möge sagen, einige der kritisierten Details seien Kleinigkeiten. Dem sei entgegen, daß es in der Raumfahrt keine Kleinigkeiten gibt.

Sollte D. B. Herrmanns Buch eine Nachauflage erleben, müßte einiges gründlich überarbeitet werden. Dazu gehört auch eine völlige Neugestaltung der enttäuschenden Bildauswahl. Der Bedarf an einem Buch über Raumfahrtgeschichte sollte diese Mühen rechtfertigen.

(Anm. d. Red.: Der Autor sollte auch prüfen, ob die von ihm benutzten Quellen zuverlässig genug waren. Zu viele Daten, Dimensionen etc. im Buch weichen von den wahren Werten ab. - H. A.)

THOMAS MAROLD

Herrmann, Dieter B.: *Eroberer des Himmels, Meilensteine der Raumfahrt*. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1986, 200 S., 106 Abb., 245 mm x 171 mm, Leinen, 19,80 M., Bestellnummer: 6540782.

## Urknall Quarks Kernfusion

Der Autor des vorliegenden Buches unternimmt in 24 Kapiteln einen - wie es im Untertitel heißt - „Streifzug durch Forschungsgebiete der modernen Physik“. Er spricht dabei ein breites Spektrum von Themen an, die wegen ihrer mitunter spektakulären Resultate und nicht zuletzt wegen ihrer weltanschaulichen und gesellschaftlich-praktischen Relevanz ständig im Bewußtsein der wissenschaftlich interessierten Öffentlichkeit sind.

Etwa drei Viertel des Buches sind der Astrophysik und Kosmologie sowie den Elementarteilchen und ihren fundamentalen Wechselwirkungen gewidmet. Zwar räumt der Autor ein, daß der Wert von Astro- und Hochenergiephysik zunächst hauptsächlich in neuen Erkenntnissen selbst liegt, stellt aber dann doch die Frage „Wo liegt der praktische Nutzen?“. Die Antwort sind 5 Kapitel über Nuklearmedizin, Laser-Kernfusion, Sonnen-, Kern- und andere Kraftwerke, Bauelemente der Mikroelektronik und Glasfaseroptik.

Nicht nur, daß letztgenannte Themen für die technologische und energetische Basis unserer Wirtschaft von enormer Bedeutung sind, auch sie selbst tragen nicht zu unterschätzender Potenz für den Fortschritt der Physik als Grundlagenwissenschaft in sich. Deshalb erscheinen sie als Antwort auf die Frage nach dem praktischen Nutzen etwa der Elementarteilchenforschung doch eher deplatziert. Andererseits ist Wissenschaft doch eine typisch menschliche Unternehmung, so daß wir nicht immer - und schon gar nicht den Kosmologen - fragen sollten, worin der praktische Nutzen der Forschung liegt.

Im einzelnen gesehen wird physikalisches Wissen nicht immer mit der auch in populären Wissenschaftsdarstellungen nötigen Exaktheit präsentiert. Betrachten wir als Beispiel das Kapitel „Berühmte Experimente“:

Wie schon einmal an früherer Stelle im Buch wird behauptet, über die Deutung der Rotverschiebung in den Spektren der Galaxien als Dopplereffekt könne kein Zweifel bestehen. Tatsächlich aber besteht zwischen

Expansions- und Doppler-Rotverschiebung ein fundamentaler Unterschied, wogegen für kleine Lichtlaufzeiten die Doppler-Formeln anwendbar sind.

Weiter wird behauptet, die Rotverschiebung im Licht der Galaxien sei ein sicherer Beleg für deren Entfernung und Alter. Ist jedoch das Licht um - sagen wir - den Faktor 0,5 rotverschoben, können wir nur sagen, daß sich das Universum um 50 % ausgedehnt hat, seit dieses Licht emittiert wurde - und mehr nicht. Will man auf Entfernung und Alter der Galaxien schließen, braucht man neben der Kenntnis der Rotverschiebung noch ein kosmologisches Modell und folglich fällt die Antwort in verschiedenen Modellen verschieden aus.

Die Periheldrehung des Planeten Merkur beträgt 5000 Bogen Sekunden im Jahrhundert, die bis auf einen Rest von 43 Bogen Sekunden mit der Newtonschen Mechanik erklärbar sind und nicht - wie behauptet wird - 43 Bogen Sekunden, von denen die Newtonsche Mechanik mit „wenig wahrscheinlichen Hypothesen“ nur einen Teil erklären konnte.

Die Reihe dieser Beispiele ließe sich leider fortsetzen.

Auch geht der Autor zu großzügig damit um, was in der Wissenschaft als „bewiesen“ und „entdeckt“ gelten kann - die endliche Ruhemasse der Neutrinos gehört jedenfalls (noch) nicht dazu. Auch hat Einstein 1905 das Photon nicht entdeckt, sondern eher erfunden.

Im Kapitel „Grenzen der Forschung“ wird die interessante Frage gestellt, ob wir uns dem Zeitpunkt nähern, wo auf dem Gebiet der Physik alles erforscht ist und - nächst geantwortet, ein kurzes und entschiedenes Nein wäre zu wenig. Unter Berufung auf Autoritäten wird dieses Nein dann doch sogleich erteilt, um einer Erörterung über Spiritismus und Parapsychologie Platz zu machen. Diese giftet schließlich in der Erkenntnis, daß die Physik auch ohne Parapsychologie und Spiritismus vor großen und faszinierenden Aufgaben steht - wer hätte das gedacht!

Dem letzten Satz des Buches kann man hingegen aus vollem Herzen zustimmen: „Heute wie in früheren Jahrzehnten und Jahrhunderten kann Wissenschaft ... zum Abenteuer werden, das junge Menschen begeistert und anzieht und nicht wenige immer wieder zu einem überragenden Lebenswerk anspornt.“ Man möchte aber wünschen, daß es auch in Zukunft wie in früheren Jahrzehnten immer wieder gute populäre Wissenschaftsdarstellungen geben möge, die sowohl exakt und gründlich als auch in der Lage sind, gerade auf junge Menschen begeisternd und anregend zu wirken.

KARL-HEINZ LOTZE

Spickermann, Wolfgang: *Urknall Quarks Kernfusion - Streifzug durch Forschungsgebiete der modernen Physik*. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin 1986, 224 Seiten, 102 Bilder, 5 Tabellen, 220 mm x 150 mm, Pappband, 10,- M., Best.-Nr. 6540539.

## Sonne und Menschheit

Vier Jahre nach ihrem Erscheinen in der Sowjetunion liegt uns jetzt auch in deutscher Übersetzung eine Schrift vor, die von der Thematik her zwischen Astronomie und Technik (im weitesten Sinne) angesiedelt ist. Dies wird deutlich, wenn wir zwei willkürlich herausgegriffene Kapitelüberschriften gegenüberstellen: „Die Sonne - ein gewöhnlicher, gelber, relativ heller Stern“ und „Sonnenhäuser und Sonnenrürme“. Angesichts der in vielen Ländern der Erde zunehmenden Nutzung der Sonnenenergie war ein solches Buch in populärwissenschaftlicher Form längst überfällig. „Anschaulich, einfach und klar“ erfährt der Leser alles Wissenswerte über die Sonne



und ihre Strahlung ...“ heißt es im Vorwort. Da der Autor an zum Teil bekannte Ergebnisse der Sonnenforschung anknüpft und im Plauderton auch wissenschaftshistorische, biologische, wetterkundliche und physikalische Erkenntnisse einbezieht, ist der Bildungswert recht hoch. Beispiele aus dem technischen Bereich führen hin zur Nutzung von Sonnenenergie, die auf verschiedene Weise in Gebrauchsenergie (Elektrizität, Wärme) umgesetzt wird. Darin liegt die eigentliche Bedeutung dieses Buches. Es werden technische Wege aufgezeigt, die in der Energietechnik künftig stärkere Beachtung verdienen und z. B. in der Raumfahrt heute schon in hohem Maße (Sonnenbatterien) genutzt werden. So nennt sich ein 35 Seiten umfassendes Kapitel „Im All und auf der Erde“. Da werden konkrete Zahlen genannt über Leistungen von Solarbatterien unter den extremen Bedingungen des Weltraumes, auf Mond und Planeten, aber auch auf irdischen Leuchttürmen, beim Betreiben von Pumpen und Entsalzungsanlagen in der Wüste.

Leider ist das Buch nicht frei von Fehlern. Auf den Seiten 13 bis 15 wird Newton als Vertreter des Dualismus von Welle und Teilchen herausgestellt. Bekanntlich war er jedoch der Begründer der Korpuskulartheorie des Lichtes (Lehre vom Teilchencharakter), die er energisch vertrat.

Auf Seite 15 hätte der Aussagegrad der Graphik erheblich höher gelegen, wären die Einheiten an der horizontalen Achse (Wellenlängen) mit angegeben worden.

Sehr anschaulich ist die Schnittdarstellung der Strahlungsgürtel der Erde auf Seite 37. Leider fehlt hier bei den Höhenangaben der Faktor 1000. Der innere Strahlungsgürtel z. B. liegt bei einer Höhe von 10<sup>4</sup> km und nicht bei 10 km. Ein umfangreiches Bildmaterial unterstützt den Textteil, wobei kaum Spezialkenntnisse vorausgesetzt werden. Augenfällig ist die ansprechende Papier- und Bildqualität, in der der Verlag diese Auflage herausgebracht hat, so daß man auch von der ästhetischen Seite dieses Buch gerne zur Hand nimmt. Da die Kenntnisse der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule für das Verständnis im allgemeinen ausreichen, wird Koltuns „Sonne und Menschheit“ eine rasche Verbreitung finden.

WOLFGANG KÖNIG

**Koltun, Mark: Sonne und Menschheit.** Gemeinschaftsausgabe des Verlages MIR Moskau und des VEB Fachbuchverlag Leipzig, Übers. a. d. Russ., 1985, 1. Auflage, 127 S., 125 Abb. (farbig), Preis: 9,50 M, Best.Nr.: 54 090 11.

## Planeten. Neues aus unserem Sonnensystem

Durch den Einsatz von Raumflugkörpern konnte in den letzten Jahrzehnten eine Flut von erstaunlichen Erkenntnissen über die Planeten unseres Sonnensystems hinzugewonnen werden. „Die Natur hat uns“, so schreibt der Autor, „hier ihren unerschöpflichen Erfindungsgeist vorgeführt. Wir finden unter den Planeten sowohl glühendheiße Körper mit einer dichten Atmosphäre als auch froststarre Gebilde, die überhaupt keine Atmosphäre haben“. All das moderne Wissen in diesem Buch darzustellen, um dem Leser ein Les- und Nachschlagewerk in die Hand zu geben, war das Ziel des Autors.

Er beginnt sein Buch mit einem einführenden Kapitel, in dem er kurz die modernen Theorien der Planetenentstehung umreißt. Der Aufbau unseres Sonnensystems, anhand einer Abbildung schematisch dargestellt, soll als Gedächtnisstütze den Boden für die Bedeutung der Aussagen, wie sie in den wenigen angegebenen, grundsätzlichen Planetenparametern stecken, bereiten. Bei der globalen

Beschreibung der Riesenplaneten ist offenbar in der Übersetzung ein Lapsus passiert (S. 12, 1. Spalte, 17. Z. v. u.). Hier wird von einer Umlaufgeschwindigkeit von 10–15 Stunden gesprochen, offensichtlich ist aber die Rotationsperiode gemeint, denn anschließend wird von Umlaufbahnen von 5–30 AE gesprochen.

Dem innersten Planeten unseres Sonnensystems ist das Kapitel „Die Mondlandschaften des Merkur“ gewidmet. Die Kenntnis der physischen Eigenschaften und Oberflächendetails, die durch mehrere Graphiken und Photos veranschaulicht werden, stammen hauptsächlich von Mariner 10. Es ist faszinierend zu lesen, wie der Autor aus dem „Vorher“ und „Nachher“ von Einzelheiten der Merkur Oberfläche dessen Evolution ableitet, was anhand der Photos nachvollzogen werden kann. Die Temperaturangabe für die Merkur Oberfläche (S. 26, 2. Spalte, 1. Z. v. o.) ist aber inkonsistent, entweder ist sie um 10 °C zu tief oder 10 K zu hoch angegeben.

„Die Venus voller Wunder“ lautet die prägnante Umschreibung des im folgenden Kapitel dargestellten Sachverhaltes. Mit den Sonden der „Venera“-Serie, die den Wolkenvorhang dieses Planeten lüfteten, tastet sich der Leser durch die Atmosphäre bis zur Oberfläche hinab. Er erfährt, welchen Temperaturen, Drücken und aggressiven Substanzen die Sonden dabei ausgesetzt sind und wird so zwanglos zum Aufbau der Venusatmosphäre hingeführt. Diese Erkenntnisse werden durch eine Vielzahl gelungener, übersichtlicher Graphiken anschaulich gemacht. Allerdings stimmen die auf S. 44 angegebenen Temperaturen für Höhen über 100 km mit der Graphik (Abb. 16) nicht überein und der Begriff „Erdoberfläche“ als Bezugspunkt für diese Temperaturen ist zumindest eigenwillig. Die Abbildungsunterschrift für die neben Abb. 16 stehende Graphik ist offenbar unter den Tisch gefallen. Wieder ist es faszinierend, wie der Autor aus nüchternen wissenschaftlichen Fakten über unser Bild vom Venusrelief bis hin zu Oberflächendetails, gewonnen aus Radarmessungen von Orbitalen und Direktaufnahmen von Landern, die Evolutionsgeschichte der Venus „hervorzubereit“. Zahlreiche Farb- und Schwarzweißfotos runden das Ganze ab. Verbesserungswürdig ist Abb. 41, die eine viel zu kleine, kaum lesbare Karte des Venusreliefs wiedergibt.

Im Kapitel „Die roten Sande des Mars“ wird uns gewissermaßen eine zweite Entdeckung dieses Planeten mit Hilfe von Raumsonden vor Augen geführt, denn mehr als vage Vorstellungen über seine Oberflächenbeschaffenheit und seine Atmosphäre waren, verglichen mit unserem heutigen Wissen, von der Erde aus nicht zu gewinnen. Abb. 33 und Bild 43 dokumentieren dies recht anschaulich. Den Löwenanteil dieses Kapitels, das mit 47 Aufnahmen der Weltraumsonden geradezu „brilliert“, nehmen Beschreibungen des Oberflächenreliefs, strukturelle Details wie Krater, Kanäle, schlafende Vulkane, Cañons usw. ein. Allerdings ergibt sich aus der Beschreibung eines Cañons auf S. 108 (2. Spalte), daß das entsprechende Bild 70 Seitenvertauscht ist. Außerdem ist Bild 49, das eine Karte mit den Bezeichnungen der Marsgebiete wiedergibt, derart klein, daß eine Lupe als Zugabe wünschenswert wäre. Ehemalige Flüsse, physikalische Eigenschaften der Atmosphäre, Staubstürme und Orkane in ihr, Fragen nach dem Verbleib des Wassers und eventuellem Leben auf dem Mars runden das Kapitel ab.

Dann erfolgt der Übergang zu den Riesenplaneten. Mit deren zunehmender Entfernung sinken zwangsläufig unsere Informationen über diese, was man an der steten Abnahme des Umfangs der den jeweils folgenden Planeten gewidmeten Kapitel ersieht.

„Die Geheimnisse des Jupiter“ konnten durch die wenigen Raumsonden, die diesen Planeten passiert haben, natürlich nicht gelüftet werden. Einzelne Strukturen und ein differenziertes Bild atmosphärischer Erscheinungen wurden aber schon gewonnen. Diese werden in mehreren farbigen Bildern dokumentiert. Die Wissenschaft wurde

damit in die Lage versetzt, sich ein kleines Stück tiefer in die Jupiteratmosphäre vorzutasten. Aussagen darüber, wie es in der Tiefe der Riesenplaneten aussieht, fußen aber ausschließlich auf theoretischen Überlegungen. Der wichtigste Eindruck, den diese vermitteln, ist wohl der, daß es in ihrem Inneren komplizierter aussieht als man vor gar nicht allzu langer Zeit annahm und sie lediglich als Gaskugeln, als nicht zum Wasserstoffbrennen gelangte Sonnen ansah. Was uns die Raumsonden über das Aussehen und die physikalischen Parameter der Jupitermonde vermitteln, wird am Schluß dieses Kapitels beschrieben.

Das Kapitel „Der Saturn und seine Ringe“ müßte, wenn man die Daten wichtet, richtiger „Die Ringe und ihr Saturn“ heißen. Die Bilder zeigen, neben den Saturnmonden, nahezu ausschließlich das Ringsystem als Ganzes und in vielen seiner Einzelheiten, was man angesichts der faszinierenden neuen Gesichtspunkte, die sich aus ihnen ergeben, nicht als Verlust empfindet. Die Oberflächenabbildungen der Monde sind jüngste Astronomiegeschichte. Die Planetologen werden die überraschende Vielgestaltigkeit der Saturnmonde in den kommenden Jahren erst aufarbeiten müssen.

Zum Redaktionsschluß dieses Buches hatte Voyager 2 den Uranus noch nicht passiert, am Neptun wird er erst 1989 vorbeifliegen, so daß das Kapitel „Die Riesenzwillinge Uranus und Neptun“ dann neu geschrieben werden muß. Sicher steht bei diesen beiden Planeten eine „zweite Entdeckung“ noch bevor.

Die wenigen Angaben über Pluto und seinen Mond Charon werden, da Voyager 2 diesen Doppelplaneten auf seinem Flug in die Tiefen des Raumes nicht berühren wird, noch längere Zeit das einzige sein, was wir wissen.

In „Die Trümmerstücke eines Planeten, den es nicht gab“ vermittelt der Autor das gegenwärtige Wissen über die Planetoiden. Auch die Erde, der für uns wichtigste Planet, wurde nicht vergessen. In „Die unruhigen Jahre des wichtigsten Planeten“ hält der Autor ein glühendes Plädoyer für unsere gute alte Erde. Er beschreibt hier nicht deren Werdegang, das ist Sache der Geologie. Aber er warnt vor dem Hintergrund der Gefahren, die die oftmals unbedachte industrielle Tätigkeit des Menschen heraufbeschwört, daß die Erde in ihrem Balanceakt der gemäßigten Temperatur plötzlich temperaturnäßig irreversibel abrutschen kann, hin in Richtung glühend-heiße Venus oder frostklirrenden Mars.

Das letzte kurze Kapitel über die Suche nach bewohnten Planeten anderer Sterne ist thematisch ein Dauerbrenner, doch das vorliegende Buch ist so gut, daß es dieses „Zugpferdes“ nicht bedürft hätte. Unter dieses Kapitel noch die Tabelle „Einige Planetendaten“ zu quetschen, war wenig glücklich. Vermittelt wurde am Schluß des Buches ein Sachregister. So kann die Absicht des Autors, dem Leser ein Nachschlagewerk in die Hand zu geben, wohl nur bedingt Erfüllung finden.

Insgesamt muß man aber sagen: Das Buch erreicht eine nur wenigen populären Sachbüchern beschiedene Qualität. Der flüssige Stil reicht stellenweise schon in Belletristik hinein. Positiv wurde empfunden, daß Formeln vermieden wurden und Graphiken dort die Informationen übernehmen, wo es zu vieler Worte bedürft hätte. Die Vielfalt der Planetenwelten wird durch zahlreiche, wohlbedacht ausgewählte Aufnahmen dokumentiert. Die auftretenden Fehler in diesem Buch sind gegenüber dessen Qualitäten und Vorzügen eine Verschwindungsgröße.

Alles in allem ist dies ein Buch, das jeder Astronomie- und Planetenliebhaber sein eigen nennen sollte und das der Astro- nomie sicher neue Freunde gewinnen wird.

HEINZ TIERSCH

Ksanfomaliti, Leonid V.: Planeten. Neues aus unserem Sonnensystem. Übers. a. d. Russ., Verlag MIR Moskau u. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1985, 216 S., 145 Bilder, 71 Abb., Preis 22 M., Best.-Nr.: 6539132.

## Astroführer

Die Erfahrung, daß praxisorientierte Titel auf unserem astronomischen Büchermarkt rar sind, hat schon fast jeder Amateur gemacht. Der vorliegende „Astroführer“ versucht, einen Teil dieser Lücke zu schließen. Reich illustriert, hauptsächlich mit Fotos von Amateurastronomen der DDR ausgestattet, vermittelt das Buch in fünf Kapiteln Beobachtungs- und Bauanleitungen sowie astronomisches Grundwissen.

Kapitel 1 („Spuren am Himmel“) ist Einleitung und Ermunterung zu aktiver Selbstbetätigung mit der Astronomie. Von Fabricius bis Honda werden Freizeit- astronomen und ihre Entdeckungen gewürdigt.

Im 2. Kapitel („Auge in Auge mit dem Kosmos“) wird mit den Hauptaufgaben der Astronomie in vorteilsoptischer Ära, dem Messen der Zeit und von Winkeln an der Sphäre, vertraut gemacht. Anleitungen zum Bau einfacher Meßinstrumente animieren zum Nachvollziehen der Beobachtungsmethoden unserer „astronomischen Vorfahren“. Ganz im Zeichen des unbewaffneten Blicks zum Himmel stehen auch die Helligkeiten, „zensuren“ und Winkelabstände der Sterne des Großen Wagens sowie die Hinweise auf die Ursachen der unterschiedlichen Sternfarben. Erwähnenswert ist die einfache Montierung für langbelichtete Himmelsaufnahmen nach Rühl.

Kapitel 3 („Mit dem Fernglas auf Sternenjagd“) macht mit Recht auf die Rolle der „Ministernwarte“ aufmerksam. Neben der Stabilität, die selbst ein so kleines Instrument erfordert, wird auch auf die optischen Parameter hingewiesen. Mittels abgebildeter Polequenz kann die Reichweite des zur Verfügung stehenden Fernglases getestet werden. In den Mittelpunkt des weiteren Interesses rücken nun Mond und Planeten sowie Doppelsterne, Veränderliche, galaktische und Kugelsternhaufen. An dieser Stelle ist auf eine Besonderheit dieses Buches hinzuweisen. Der Innenteil jeder Seite wurde – zur deutlichen Unterscheidung in „blau“ gedruckt – zu Randbemerkungen verwendet. Sollten hier ursprüngliche Zusatzinformationen zum Haupttext vermittelt werden, so stellen sich diese als lesehemmend heraus. Z. B. wird im Haupttext (S. 76) das „aschgraue Mondlicht“ zur Beobachtung empfohlen und die Ursachen erst im Randtext (S. 82) erläutert. Günstig erwies es sich, erst den Haupttext und dann die zugehörigen Randbemerkungen zu lesen. Der Anfänger wird sicher in Schwierigkeiten kommen, wenn er die z. T. umfangreichen Randtexte den Haupttexten zuordnen will.

Relativ breiten Raum wird den Veränderlichen gewidmet. Man lernt die Stufenschätzmethode nach Argelande kennen, verschiedene Typen der variablen Sterne und die Auswertung einer Beobachtungsreihe. Überzeugend wirkt indes das gezeigte Beispiel nicht, da weder eine typische Lichtkurve bzw. Maximum oder Minimum dargestellt werden.

„Mit dem Fernrohr zur Unendlichkeit“ ist das 4. Kapitel betitelt. Zunächst wird dem Bastler gezeigt, wie er sich sein erstes Fernrohr (incl. Zusatzeinrichtungen) bauen kann. Das erste Beobachtungsobjekt, dem man nun seine Aufmerksamkeit schenkt, ist unser „Haus-Stern“ – die Sonne. Eindringlich wird vor der Gefahr des direkten Fernrohrblicks zur Sonne gewarnt und die gefahrlose Projektionsmethode geschildert. Über Orientierung des Skizzenblattes, die scheinbaren Neigungen der Sonnenrotationsachse, Sonnenflecken und deren Relativzahlen, Flecken und Protuberanzen bis zu solar-terrestrischen Beziehungen werden Beobachtungsgrundlagen und Zusammenhänge erläutert. Das Hauptproblem beim Ermitteln der Sonnenfleckenrelativzahl ist aber die Einteilung in Fleckengruppen. Eine Wiedergabe des Fleckenschemas hätte eine willkommene Unterstützung für „Sonnenneulinge“ darstellen, manche Enttäuschung

vermeiden können. Protuberanzen werden als Gasausbrüche dargestellt, wo Materie in größere Höhen geschleudert wird. Das trifft zwar auf spektakuläre Protuberanzerscheinungen zu, aber die überwiegende Mehrheit der Protuberanzen sind koronale Kondensationen, wo Materie in die Chromosphäre abfließt!

Nach Hinweisen auf mittels Fernrohr gut zu beobachtende Mondformationen erfährt man alle wichtigen Details zur Beobachtung der Planeten. Halvbenus (Dichotomie) und Marsoppositionen fehlen ebenso wenig wie die Erscheinungen der Jupitermonde und der wechselnde Anblick der Saturnringe. In der Venuszeichnung (S. 138) fehlen leider die Streckenbezeichnungen  $x$  und  $r$ . Die Zeichnungen des Jupiters (S. 145) zur Kennzeichnung der Zonen und Bänder wird wohl jeder Planetenbeobachter mit Sorge betrachten, denn offensichtlich hatte der Zeichner noch keine Gelegenheit, Jupiter im Teleskop zu bewundern. Der Autor muß sich die Frage gefallen lassen, warum hier nicht auf lange Bewährtes zurückgegriffen wurde.

Bei den äußeren Planeten wird auf höhere instrumentelle Anforderungen zu erfolgreicher Beobachtung aufmerksam gemacht. In den Beschreibungen der Objekte des inter- und extragalaktischen Raumes werden die größere Lichtstärke und die höheren Vergrößerungsmöglichkeiten der Fernrohre im Vergleich zu den Ferngläsern berücksichtigt. Die hellsten Galaxien werden in einer Tabelle vorgestellt. Daß ein Teil der Struktur unseres Sternsystems durch statistische Sternzählungen erkannt wurde, demonstriert ein Beispiel.

Um das Gesehene „konservieren“ zu können, werden Tipps zur Astrofotografie gegeben, die eine Menge Leihgeld sparen helfen. Auch Mittel und Wege zur Selbstauswertung der Fotos werden gezeigt.

Kapitel 5 („Werkzeugkiste für den Beobachter“) bietet eine drehbare Sternkarte und eine Rechenscheibe zum Selbstbau. Den Wert der drehbaren Sternkarte hat sicher schon jeder Beobachter schätzen lernen können. Auch der „Papiercomputer“ kann Hilfe bei der schnellen Ermittlung z. B. der Sternzeit leisten. Die zweiteilige Mondkarte zeigt die wesentlichen Formationen. Nützlich wäre der Hinweis gewesen, daß die Benennung der Ost- bzw. Westhälften im astronomischen Sinne erfolgte.

Der Sternatlas zeigt den nördlichen Sternhimmel bis zur Deklination von minus 40 Grad und ist im Äquinox 2000 gezeichnet. Vermist wird eine Legende, die die Größe der Sternscheiben, gleich entsprechenden Helligkeiten, sowie die gesonderte Kennzeichnung der Doppel- und Veränderlichen Sterne, Sternhaufen und Galaxien erklärt.

Die Idee, DDR-Amateurastrafotografen zu würdigen, indem vor allem ihre Fotos verwendet sind, wird leider aufgrund der schlechten Wiedergabe (z. B. der Abb. 6, 31 und 37) durch den Verlag nicht unterstützt. Anerkennungswert ist der Einsatz des Farbdrucks, auch wenn hier nicht alle Reserven genutzt wurden. Erkenntnisgewinn erzielt der Leser nur, wenn Text und Bild eine Einheit bilden. So befindet sich im Bild 68 (S. 79) Plato links und nicht – wie im Text beschrieben – rechts von der Regenbogenbucht. Abb. 109 (S. 130) zeigt links die Sonne ohne Fernrohr orientiert! Im Abschnitt „Sternsysteme“ wird die Aufnahme einer Galaxie, z. B. ein Amateurfoto des Andromedanebels vermisst. Völlig im Gegensatz zu den Hinweisen bezüglich der Stabilität von Fernrohrmontierungen steht das zweibeinige Stativ des auf dem Schutzumschlag abgebildeten Telementors. Vollständigkeitshalber sei erwähnt: Astronaut Armstrong betrat den Mond am 21. Juli 1969 um 3:56 MEZ und nicht (wie im Randtext S. 136/37 geschrieben) am 20. Juli 1969 um 21:17 MEZ (Landzeitpunkt).

„Dieses Buch ist ein Plädoyer für die nichtprofessionelle Astronomie“. So beginnt der „Astroführer“. Dieses Ziel wurde nach Meinung des Rezensenten nur zum Teil erreicht. Vor allem die Schwächen der praktischen Beobachtungsbeispiele hätten vermieden werden können, zu-

mal der Autor Vorsitzender der Zentralen Kommission Astronomie und Raumfahrt ist. Schade, hier wurde eine Chance verpaßt, ein Standardwerk für Einsteiger in die Amateurastronomie zu schaffen.

D. BRAUCKHOFF

Lindner, Klaus: *Astroführer. Eine Anleitung zur Beobachtung von Himmelserscheinungen*. Urania-Verlag, Leipzig-Jena-Berlin 1986, 196 S., 145 Abb., 245 mm × 170 mm, 18 M., Best.-Nr. 6540707.

## Sternführer 1987

„Ein astronomisches Jahrbuch“ (2. Jahrgang) ist durch die Übernahme des niederländischen Konzepts (Stiftung „De Koepel“, Utrecht) zustande gekommen und im Treugeseil-Verlag in ausgearbeiteter Aufmachung erschienen. Der Band enthält alle im deutschsprachigen Raum sichtbaren Himmelsereignisse und bietet diese in klarer, übersichtlicher Weise durch Schrift-, Tabellen-, graphische Elemente sowie Bild- und Kartenmaterial dar. Im A4-Format ist manche Darstellungsweise überhaupt erst erfolgversprechend (z. B. die Diagramme der Planetenpositionen). So hält man ein Jahrbuch, ein Handbuch und ein Nachschlagewerk in einem Band in Händen.

Die aktuellen Kapitel: Monatsübersichten (Jan.-Dez.), Sonne, Mond, Planeten (bis Pluto), Kometen, Planetoiden, Sternbedeckungen, Veränderliche. Grundbegriffe klären die Kapitel Fotografie, Koordinatensysteme, Zeitrechnung. Ein ausführlicher Anhang bietet Begriffserläuterungen, Verzeichnisse (griech. Alphabet, Sternbilder, Formeln, astron. Konstanten, Daten von Planeten und deren Monden, Literaturhinweise). – Mit diesem Buch zu arbeiten, macht einfach Spaß! (Die Heftung sollte vielleicht dauerhafter sein.)

HEINZ ALBERT

Koch Bernd, Theo, Jurriens, Jean Meus: *Sternführer 1987*. Treugeseil-Verlag, Dr. Vehrenberg KG, Düsseldorf 1986. Format A4, 191 S., zahlr. Abb., ISBN 3-87874-087-9, 29 DM.

## Der Himmel für die Tasche

Die drehbare Sternkarte, die den Beobachter infolge ihrer Größe (13 cm Ø) und Strapazierfähigkeit (Ausführung in Plaste) überall und allezeit begleiten kann, ist seit 1986 im Angebot: die „Drehbare Kosmos-Mini-Sternkarte“. Diese Ausführung des wichtigen Beobachtungshilfsmittels erfüllt noch zusätzliche Wünsche des Benutzers. Es besitzt einen Planetenzeiger mit Deklinationsstellung bis zu  $-38^\circ$  sowie zwei Kurvenzüge auf der (durch ein Raster etwas abgedunkelten) Deckscheibe zur Feststellung der bürgerlichen und astronomischen Dämmerung (Beginn und Ende). Die schwarze Beschriftung auf dem Sternträger (Sternbildnamen, besondere Linien) ist gut lesbar. Die Sterne (bis 4<sup>m</sup>) und die Alignements zu Sternbildern sind weiß auf hellblauem Grund. Dies gestattet, bei Dunkelheit die Karte mittels Lichtquelle ohne Blendwirkung im Durchlicht zu lesen. Das Beiheft (16 S.) wird jeder „Einsteiger“ begrüßen. Zu dieser Emission muß man dem Verlag gratulieren.

HEINZ ALBERT

Heermann, H.-J.: *Drehbare Kosmos-Mini-Sternkarte mit Planetenzeiger*. Kosmos/Francksche Verlagshandlung, Stuttgart 1986, 1. Aufl., ISBN 3-440-05687-2, 9,80 DM.



## Raumfahrtstatistik 1986

Raumflugkörper im Sinne dieser Statistik sind künstliche, durch den Menschen geschaffene Objekte, die sich auf kosmischen Bahnen bewegen, mittels Bordsender „aktiv“ sein können oder „passiv“ mindestens einem Experiment dienen.

### Erläuterungen zur Tabelle

Datumangaben basieren auf Mitteleuropäischer Zeit (MEZ). Die Massen unbemannter Satelliten enthalten in der Regel auch an Bord befindlichen Treibstoff; die Massen der Raumtransporter enthalten keine Nutzlasten. Die Epoche gibt den Tag an, an dem die ausgewiesenen Bahndaten gewonnen wurden. Die Angaben von TASS (+) stellen meist Anfangsbahndaten dar. Bei einigen manövrierbaren Raumflugkörpern kann keine Lebensdauer angegeben werden, da diese mehrfach die Bahn ändern. Als Teile wird die Anzahl der beim Start außer den genannten Nutzlasten mit auf Bahnen gelangten Raketenstufen, Schutzhüllen und sonstigen Fragmente angegeben.

VRC = VR China      Frankr. = Frankreich  
Schw. = Schweden      Bras. = Brasilien

### Ergänzende Hinweise zu einigen Raumflugkörpern

|                   |   |
|-------------------|---|
| STS-61C           | - Bemannter Raumtransporter: 24. Shuttle-Flug (7 Astronauten, darunter der 2. „Flugbeobachter“/Abgeordneter), an Bord Nutzlast „Hitchhiker G1“, u. a. SDI-Experiment, Beobachtung des Kometen Halley  |
| RCA Satcom Ku-1   | - Synchrone Nachrichtensatellit für das Ku-Band. Start vom Shuttle am 12. 1., Standort: 85 Grad westlicher Länge  |
| Raduga-18 STS-51L | - Bemannter Raumtransporter: 25. Shuttle-Start, Fehlstart, Tod der 7 Astronauten (darunter 2 Frauen, davon die 1. Lehrerin als „Flugbeobachter“), Tracking and Data Relay Satellite, Nachrichtensatellit, Fehlstart durch Shuttle-Explosion |
| Spartan           | - Aussetzbare astronomische Forschungsplattform (Beobachtung des Kometen Halley), Fehlstart durch Shuttle-Explosion   |
| China-18          | - Synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 108 Grad östlicher Länge   |
| NOSS-7 u. a.      | - 4 militärische Ozeanüberwachungssatelliten, Navy Ocean Surveillance System  |
| Yuri-2B           | - Synchrone Nachrichtensatellit, Standort: 117 Grad östlicher Länge   |
| Mir               | - Basis-Modul einer erweiterbaren Raumstation mit 6 Kopplungsadaptern   |
| Spot-1            | - Fernerkundungssatellit, Start mit „Ariane“-Trägerrakete   |
| Viking            | - Forschungssatellit, Start mit „Ariane“-Trägerrakete   |
| Sojus T-15        | - Bemanntes Transportraumschiff (2 Kosmonauten), gekoppelt mit Raumstation Mir am 15. 3., getrennt am 5. 5., gekoppelt mit Raumstation Salut-7 am 6. 5., getrennt am 25. 6., wieder gekoppelt mit Mir am 20. 6.                             |

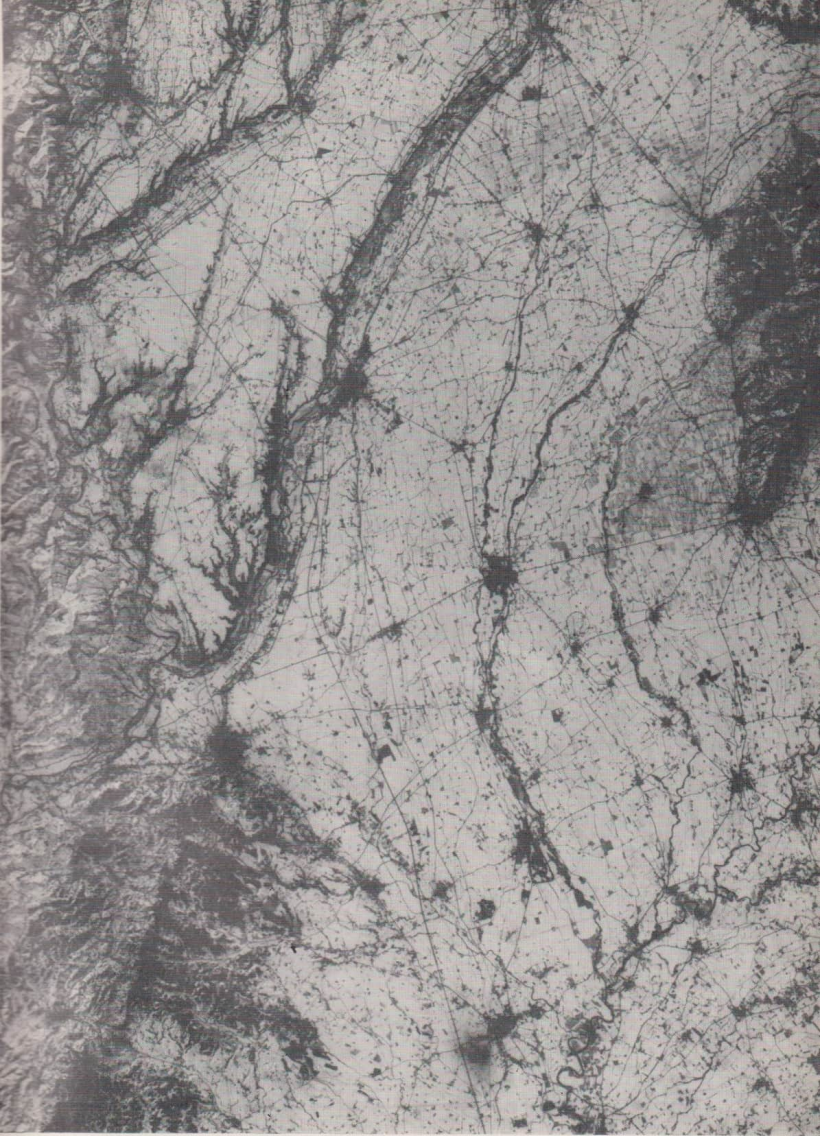
|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Progress-25                   | - Unbemanntes Versorgungsraumschiff, gekoppelt mit Raumstation Mir am 21. 3., getrennt am 20. 4.  |
| GStar-2                       | - Kommerzieller synchrone Nachrichtensatellit der GTE Spacenet Corporation, Start mit „Ariane“-Trägerrakete, Standort: 105 Grad westlicher Länge  |
| Brasilsat-2                   | - Synchrone Nachrichtensatellit der Vereinigung Embatel, Start mit „Ariane“-Trägerrakete, Standort: 70 Grad westlicher Länge  |
| Kosmos-1738                   | - Synchrone Nachrichtensatellit (Typ „Lutsch“)  |
| Molnija 3 KH-11               | - Nachrichtensatellit   |
|                               | - Fehlstart eines militärischen Aufklärungssatelliten vom Typ KEYHOLE-11  |
| Progress-26                   | - Unbemanntes Versorgungsraumschiff, gekoppelt mit Raumstation Mir am 26. 4., getrennt am 22. 6.  |
| GOES-G                        | - Geostationärer Operational Environmental Satellite, Fehlstart eines Wetter- bzw. Umweltüberwachungssatelliten   |
| Sojus TM-1                    | - Unbemanntes modifiziertes Transportraumschiff, Testflug für neue Generation bemannter Raumschiffe, gekoppelt mit Raumstation Mir am 23. 5., getrennt am 29. 5.  |
| Ekran-15 Meteor 2             | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Intelsat 5A-F14               | - Wettersatellit  |
| Horizont-12                   | - Fehlstart eines Nachrichtensatelliten, 18. Start einer „Ariane“-Trägerrakete  |
| Kosmos-1762                   | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Kosmos-1760 Ajisai            | - Fernerkundungssatellit  |
| Fuji                          | - Fernerkundungssatellit  |
| Jindai                        | - Geodätischer Forschungssatellit, Experimental Geodetic Satellite  |
|                               | - Amateurfunksatellit   |
|                               | - Raketenendstufe mit Forschungsnutzlast, Magnetic Bearing flywheel Experimental System, Datenübermittlung bis 15. 8. 86  |
| USA-19/1,2                    | - 2 militärische SDI-Nutzlasten, Verfolgung des Fluges einer „Artes“-Rakete (Start am 5. 9.), gegenseitige Verfolgung und Zerstörung beider Satelliten über dem Pazifik, zwei Trümmervölkern verblieben eine Zeit in der Umlaufbahn |
| Kosmos-1778 bis -1780 NOAA-10 | - Navigationssatelliten   |
|                               | - National Oceanic and Atmospheric Administration, Wettersatellit der NOAA, enthält zusätzlich SARSAT-Nutzlast (internationales Satelliten-Rettungssystem)  |
| China-19                      | - Fernerkundungssatellit, Datenübermittlung bis 14. 10. 86, Kapsel (1850 kg) - Landung am 11. 10. 86  |
| Raduga-19 Kosmos-1789         | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Polar BEAR                    | - Fernerkundungssatellit  |
|                               | - Polar Beacon Experiments and Auroral Research (BEAR) satellite, Forschungs-satellit (milit.)  |
| Horizont-13                   | - Synchrone Nachrichtensatellit   |
| Fleetsatcom-7                 | - Synchrone militärischer Nachrichtensatellit der US-Marine, Standort: 105 Grad westlicher Länge  |
| Kosmos-1808                   | - Forschungssatellit  |

(Stichtag für alle Angaben: 1. 6. 87)

BERNHARD PRIESEMUTH



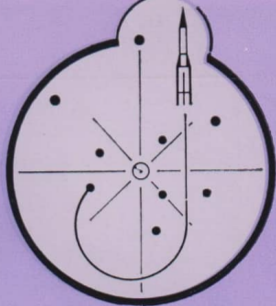
| Raumflugkörper   | Masse<br>(kg) | Staat   | Start     | Astronom.<br>Bezeichn. | Teile | Epoche     | Perigäum<br>(km) | Apoäum<br>(km) | Umlauf-<br>zeit<br>(min.) | Bahn-<br>neigung<br>(Grad) | Lebensdauer<br>bzw. Umlauf<br>beendet |
|------------------|---------------|---------|-----------|------------------------|-------|------------|------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Kosmos-1715      |               | UdSSR   | 8. 1. 86  | 1986-01A               | 4     | +          | 207              | 317            | 89,4                      | 72,8                       | 22. 1. 86                             |
| Kosmos-1716      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | ~1986-02A              | 1     | +          | 1447             | 1516           | 115                       | 74                         | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1717      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02B               |       | +          |                  |                |                           |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1718      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02C               |       | +          |                  |                |                           |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1719      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02D               |       | +          |                  |                |                           |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1720      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02E               |       | +          |                  |                |                           |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1721      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02F               |       | +          |                  |                |                           |                            | 9000 Jahre                            |
| Kosmos-1722      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02G               |       | +          |                  |                |                           |                            | 9000 Jahre                            |
| Kosmos-1723      |               | UdSSR   | 9. 1. 86  | 1986-02H               |       | +          |                  |                |                           |                            | 9000 Jahre                            |
| STS-61C          | 82667         | USA     | 12. 1. 86 | 1986-03A               | 1     | 12. 1. 86  | 324              | 332            | 90,90                     | 28,47                      | 18. 1. 86                             |
| (Columbia F7)    |               |         |           |                        |       |            |                  |                |                           |                            |                                       |
| RCA Satcom Km-1  | 2000          | USA     | 12. 1. 86 | 1986-03B               |       | 3. 2. 86   | 35770            | 35796          | 1430,03                   | 0,02                       | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1724      |               | UdSSR   | 13. 1. 86 | 1986-04A               | 2     | +          | 179              | 358            | 89,5                      | 67,2                       | 13. 3. 86                             |
| Kosmos-1725      |               | UdSSR   | 16. 1. 86 | 1986-05A               | 1     | +          | 989              | 8016           | 104,9                     | 82,9                       | 1200 Jahre                            |
| Kosmos-1726      |               | UdSSR   | 17. 1. 86 | 1986-06A               | 1     | +          | 649              | 676            | 97,7                      | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Raduga-18        |               | UdSSR   | 17. 1. 86 | 1986-07A               | 5     | +          | 36378            | 36378          | 1476                      | 1,2                        | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1727      |               | UdSSR   | 23. 1. 86 | 1986-08A               | 1     | +          | 982              | 1029           | 104,9                     | 82,0                       | 1200 Jahre                            |
| Kosmos-1728      |               | UdSSR   | 28. 1. 86 | 1986-09A               | 5     | +          | 214              | 305            | 89,4                      | 70,0                       | 11. 2. 86                             |
| Kosmos-1729      |               | USA     | 28. 1. 86 | —                      | —     | Fehlstart  |                  |                |                           |                            | —                                     |
| STS-51L          |               |         |           |                        |       |            |                  |                |                           |                            |                                       |
| (Challenger F10) |               |         |           |                        |       |            |                  |                |                           |                            |                                       |
| TDRS-B           |               | USA     | 28. 1. 86 | —                      | —     | Fehlstart  |                  |                |                           |                            | —                                     |
| Spartan          |               | USA     | 28. 1. 86 | —                      | —     | Fehlstart  |                  |                |                           |                            | —                                     |
| China-18(STW-2)  | 900           | VRC     | 1. 2. 86  | 1986-10A               | 1     | 18. 2. 86  | 33778            | 35790          | 1435,87                   | 0,10                       | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1729      |               | UdSSR   | 1. 2. 86  | 1986-11A               | 5     | +          | 614              | 39342          | 709                       | 62,8                       | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1730      |               | UdSSR   | 4. 2. 86  | 1986-12A               | 4     | +          | 206              | 333            | 89,5                      | 72,9                       | 13. 2. 86                             |
| Kosmos-1731      |               | UdSSR   | 7. 2. 86  | 1986-13A               | 1     | +          | 101              | 293            | 89                        | 65                         | 3. 10. 86                             |
| NOSS-7 (USA-15)  | 64            | USA     | 9. 2. 86  | 1986-14A               | 1     | +          | 1049             | 1160           | 107,4                     | 63                         |                                       |
| ? (USA-16)       |               | USA     | 9. 2. 86  | 1986-14E               | 4     | +          |                  |                |                           |                            |                                       |
| ? (USA-17)       |               | USA     | 9. 2. 86  | 1986-14F               |       | +          |                  |                |                           |                            |                                       |
| ? (USA-18)       |               | USA     | 9. 2. 86  | 1986-14H               |       | +          |                  |                |                           |                            |                                       |
| Kosmos-1732      |               | UdSSR   | 11. 2. 86 | 1986-15A               | 1     | +          | 1497             | 1538           | 110                       | 75,6                       | 10000 Jahre                           |
| Yuri-2B(BS-2B)   |               | Japan   | 12. 2. 86 | 1986-16A               | 3     | 23. 2. 86  | 35640            | 35807          | 1434,29                   | 0,86                       | Mill. Jahre                           |
| Mir              | 20000         | UdSSR   | 19. 2. 86 | 1986-17A               | 3     | 19. 12. 86 | 321              | 349            | 91,1                      | 51,6                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1733      |               | UdSSR   | 20. 2. 86 | 1986-18A               | 1     | +          | 643              | 674            | 97,4                      | 82,5                       | 300 Jahre                             |
| Spot-1           | 1750          | Frankr. | 22. 2. 86 | 1986-19A               | 332   | 23. 2. 86  | 824              | 828            | 101,48                    | 98,73                      | 10000 Jahre                           |
| Viking           | 286           | Schw.   | 22. 2. 86 | 1986-19B               |       | 22. 2. 86  | 811              | 13530          | 261,74                    | 98,82                      | 26. 4. 86                             |
| Kosmos-1734      |               | UdSSR   | 26. 2. 86 | 1986-20A               | 3     | +          | 176              | 371            | 89,0                      | 67,1                       |                                       |
| Kosmos-1735      |               | UdSSR   | 27. 2. 86 | 1986-21A               | 1     | +          | 410              | 440            | 92,8                      | 65                         |                                       |
| Sojus T-15       | 6850          | UdSSR   | 13. 3. 86 | 1986-22A               | 2     | +          | 240              | 298            | 89,7                      | 51,6                       | 16. 7. 86                             |
| Progress-25      | 7020          | UdSSR   | 19. 3. 86 | 1986-23A               | 1     | +          | 189              | 268            | 88,8                      | 51,6                       | 21. 4. 86                             |
| Kosmos-1736      |               | UdSSR   | 21. 3. 86 | 1986-24A               | 29    | +          | 255              | 278            | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| Kosmos-1737      |               | UdSSR   | 25. 3. 86 | 1986-25A               | 1     | +          | 230              | 442            | 91                        | 73                         | 3. 12. 86                             |







# Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

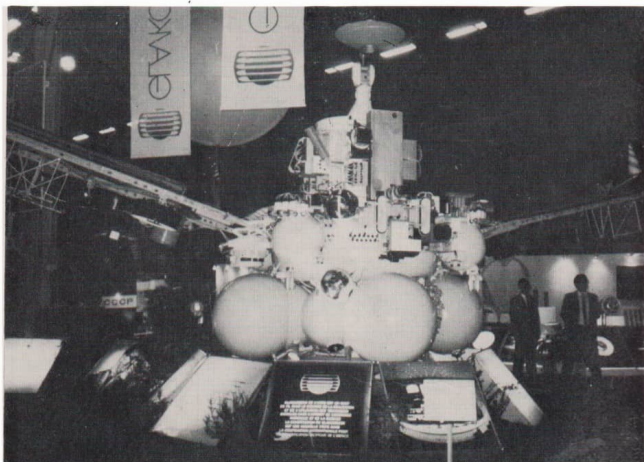
EVP 1,50

1987 5



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





Streiflichter zu „30 Jahre Raumfahrt“.



## Astronomie und Raumfahrt

### Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

### Redaktion:

*Chefredakteur:* Prof. Dr. sc.

S. Marx

*Verantwortl. Redakteur:* OL  
Heinz Albert

*Astronomie:* Prof. Dr. sc. S. Marx,

Dipl.-Phys. W. Häupl; - *Raum-*

*fahrt:* Prof. Dr. sc. D. Möhlmann,

Uwe Schmaling; - *Philoso-*

*phie / Geschichte:* Dr. J. H. mel; -

*Amateure:* Ing. A. Grünberg,

Dipl.-Phys. J. Rendtel, StR A.

Zenkert, B. Zill; - *Aus der Lit.:*

J. Gasiecki; - *Rezensionen:* Dipl.

Phys. M. Woche; *Red.-Schr.:*

Ing. W. Pohl

*Zeichn.:* M. Schreiber

### Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, PSF 61,  
Straße der Jugend 8, Fern-  
sprecher 3800

### Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Hefen.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, 1004 Berlin, Straße der  
Pariser Kommune 3—4.

Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presseamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDR. Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

### Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

**Manuskripte** sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionssitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

Der **Nachdruck** der in Astrono-  
mie und Raumfahrt veröffent-  
lichten Beiträge ist nur mit Zu-  
stimmung der Redaktion ge-  
statte.

### Satz und Druck:

IV/26/14 Fachbuchdruck Nbg.

## INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 5

|   |     |
|---|-----|
| 30 Jahre Raumfahrt . . . . .  | 130 |
| Uwe Schmaling, H. Hoffmann Potenzen der Raumfahrt   | 130 |
| H.-D. Naumann: Einige Entwicklungstendenzen der<br>Raumfahrttechnik. . . . .                    | 133 |
| D. Stoll, H. Tiersch: Neue Daten von den Uranusringen.  | 138 |
| Sonnenfleckenrelativzahlen Mai/Juni 1987 . . . . .  | 141 |
| Bernd Schildwach: Satelliten-Datensammelsysteme . .   | 142 |
| Dr. Paul Ahnert zum 90. Geburtstag . . . . .  | 146 |
| Herbert Scholze: Spiegelfernrohre I (Aus der Reihe: Das<br>Fernrohr des Sternfreundes). . . . . | 147 |
| K.-H. Bücke: Kalender (Aus der Reihe: DATA für den<br>rechnenden Sternfreund) . . . . .         | 149 |
| K.-H. Tiemann: Chronometrische Dienste Berliner<br>Sternwarten (1787—1913) . . . . .            | 151 |
| D. Böhme: GY Cygni - Erforschung eines Veränderlichen   | 153 |
| Johannes Hoppe † • Leserbrief • Gratulation . . . .   | 155 |
| Komet P/Borrelly günstig beobachtbar • Berichtigung<br>zu Heft 1/1987 (K. Kirsch). . . . .      | 156 |

### Kurzberichte

|  |          |
|--|----------|
| 1. Leitungssseminar des AK Raumfahrt • Jahreszu-<br>sammenkunft des AKV (9. 5. 1987) . . . . . | 157      |
| Die rätselhafte SN 1987A • Meteorpeup? (zum Titelbild<br>des Heftes 3/1987) . . . . .          | 158      |
| <b>Vorschau auf Heft 6/1987 • Anschriften der Autoren . .</b>                                  | 158      |
| <b>Raumfahrtstatistik 1986/2 (B. Priesemuth) . . . . .</b>                                     | 159      |
| Bulgarische Sternfreunde melden sich zu Wort (Leser-<br>brief) . . . . .                       | BS IV    |
| Anzeigen . . . . .   | 152, 155 |

*Redaktionschluss:* 15. Juli 1987

*Auslieferung an den PZV:* 27. Okt. 1987

### Bildseiten

**Titelbild:** Die Aufnahme von Karlheinz Müller (Volkssternwarte  
Drebach) gibt die Gegend um Deneb im Sternbild Schwan ( $\alpha$   
Cyg) mit dem Nordamerikanebel (NGC 7000) wieder. Aufge-  
nommen wurde mit der Astrokamera 56/250 mm auf ZU 21-Platte,  
belichtet am 1. Oktober 1986 75 min lang.

**2. Umschl.-S. oben:** Maßstabgerechtes Modell der Phobos/Mars-  
Sonde, von der im Juli 1988 durch die UdSSR zwei Exemplare  
gestartet werden sollen.

**links unten:** Einzelkajüte in der Raumstation MIR.

**rechts unten:** Kopplungssystem zwischen MIR-Basisblock und  
dem Astro-Modul Quant. (3 Aufnahmen: Horst Hoffmann, Ber-  
lin)

**3. Umschl.-S.:** Die Schinkelsche Sternwarte in Berlin. Sie wurde  
1913 wegen ungünstiger Standortverhältnisse (Nähe Belle-  
Alliance-Platz (heute Berlin-West) aufgegeben und abgerissen.  
Lesen Sie dazu unseren Beitrag S. 151!

**4. Umschl.-S.:** Die UdSSR erprobte erfolgreich die neue Zweistu-  
fen-Universal-Trägerrakete „Energija“. Der erste Start erfolgte  
am 15. Mai 1987 von Baikonur aus. Energija kann wiederverwend-  
bare Raumschiffe, aber auch schwere kosmische Apparate mit  
über 100 t Nutzlast in den Weltraum befördern. Sie hat mehr als  
2000 t Startmasse, ist 60 m hoch und entwickelt 170 Mill. PS  
Triebwerksleistung.  
(Foto: ADN-ZB/TASS)

## 30 Jahre Raumfahrt

Man kann nicht täglich anhalten, um auf zurückgelegte Wegstrecken zu schauen und sich daran evtl. sogar zu berauschen. Wer dies praktizierte liefe Gefahr, nicht mehr Schritt zu halten.

Es gibt aber oft Entwicklungen und Pläne dahin, die zwingen ganz einfach, zu bestimmten Zeitpunkten eingeschlagene Richtungen bzw. abzuschende Tendenzen zu bewerten, um Entscheidungen darüber treffen zu können, für welche Ziele unser aller Arbeit künftig eingesetzt werden soll.

Aufgabe solcherart Rück- und Vorschau muß es auch sein, drohende Abirrungen vom Hauptweg rechtzeitig zu erkennen. In derartiger Situation befinden wir uns nach nunmehr (schon oder erst?) 30 Jahren praktizierter Raumfahrt. Indem wir die beiden ersten Beiträge des vorliegenden Heftes veröffentlichen, nehmen wir Partei für all jene, die sagen: Die Entwicklung der Raumfahrt geht uns alle an. (Und wir setzen hinzu: auch den „Nur-Amateurastronomen“.) Denn: Raumfahrt wird von Menschen entwickelt und betrieben. Von deren Bewußtsein hängt es ab und wird es abhängen, ob Irrwege künftig versperrt, fortschrittliche – weil friedliche – Hauptrichtungen mutig beschritten werden.

Zuweilen muß man Sorge haben, ob mancher „Enthusiast der Raumfahrt“ in unserer Mitte infolge teilweise berauschender technischer Feinheiten und Erfolge den rechten Weg wohin, wofür und für wen noch erkennt.

„AuR“ will in bescheidenem Maße beitragen, daß die Entwicklungswege zu friedlicher Raumfahrt für jeden ihrer Leser erkennbar werden und bleiben.

H. A.

## Potenzen der Raumfahrt: Gefährdung oder Fortschritt für die Menschheit?

UWE SCHMALING, HORST HOFFMANN

83,6 kg schwer und 58 cm Durchmesser besaß die Kugel, die am 4. Oktober 1957 eine neue Ära in der Geschichte der Menschheit eröffnete. 21 Tage sendete SPUTNIK 1 seine Signale aus dem Kosmos. Schon am 5. November 1957 startete die UdSSR ihren zweiten künstlichen Erdsatelliten. Die Erforschung und Nutzung des kosmischen Raumes hatte begonnen. Ta-

belle 1 soll am Beispiel einiger Höhepunkte verdeutlichen, welch rasantes Entwicklungstempo die ersten drei Jahrzehnte Raumfahrt kennzeichnen.

Tabelle 1 (Stand: 1. 9. 1987)

|           |      |  |
|-----------|------|--|
| Oktober   | 1957 | In der Sowjetunion wird der erste künstliche Erdsatellit gestartet                             |
| November  | 1957 | Hündin Laika ist das erste Lebewesen im All (SPUTNIK 2, UdSSR)                                 |
| Januar    | 1958 | Erster amerikanischer Erdsatellit (EXPLORER 1)   |
| September | 1959 | LUNIK 2 (UdSSR) erreicht als erster Raumflugkörper die Mondoberfläche (harte Landung)          |
| August    | 1960 | Erste Rückkehr von Lebewesen (KOBABL 2, UdSSR)   |
| April     | 1961 | Juri A. Gagarin fliegt als erster Mensch in den Weltraum (WOSTOK 1, UdSSR)                     |
| August    | 1962 | Erster Gruppenflug von Raumfahrzeugen (WOSTOK 3 und 4, UdSSR)                                  |
| Dezember  | 1962 | Erste erfolgreiche Planetenpassage. MARINER 2 (USA) passiert die Venus in 34745 km Entfernung  |
| Juni      | 1963 | Valentina Tereschkova fliegt als erste Frau in den Kosmos                                      |
| Juli      | 1963 | Erster geostationärer Satellit (SYNCOM 2, USA)   |
| März      | 1965 | Ein Mensch verläßt erstmals das Raumschiff (A. Leonow mit WOSSCHOD 2, UdSSR)                   |
| April     | 1965 | Erster kommerzieller Fernmelde-satellit (Early Bird, USA)                                      |
| Juli      | 1965 | Erste Nahaufnahmen vom Planeten Mars (MARINER 4, USA)  |
| Januar    | 1966 | Erste weiche Mondlandung durch LUNA 9 (UdSSR)  |
| Oktober   | 1967 | Erste Kopplung zweier unbemannter Raumschiffe (KOSMOS 186 mit 188, UdSSR)                      |
| Januar    | 1969 | Nun auch Kopplung zweier bemannter Raumschiffe und erster Außenumsstieg (SOJUS 4 und 5, UdSSR) |
| Juli      | 1969 | Nell Armstrong (USA) betritt als erster Mensch den Mond  |
| April     | 1970 | 8 Satelliten mit einer Trägertrakte gestartet (KOSMOS 336-343, UdSSR)                          |
| November  | 1970 | Erstes ferngesteuertes Fahrzeug auf dem Mond (Lunochod 1, UdSSR)                               |
| Dezember  | 1970 | Erste Meßwerte von der Venusoberfläche (VENERA 7, UdSSR)                                       |
| April     | 1971 | SALUT 1 ist die erste experimentelle Raumstation (UdSSR)                                       |
| Dezember  | 1971 | Erste weiche Marslandung (MARS 3, UdSSR)   |
| Dezember  | 1973 | PIONEER 10 (USA) gewinnt die ersten Jupiterfotos aus „Nahdistanz“                              |
| März      | 1974 | Erste Nahaufnahmen vom Planeten Merkur (MARINER 10, USA)                                       |
| Juli      | 1975 | Erster internationaler bemannter Raumflug (SOJUS-APOLLO) durch UdSSR und USA                   |
| September | 1977 | Start der ersten operationellen Raumstation (SALUT 6, UdSSR)                                   |
| März      | 1978 | Erste Interkosmos-Mannschaft: Remek (ČSSR) und Gubarev (UdSSR)                                 |
| August    | 1978 | Erster DDR-Bürger im All (Sigmund Jähn mit SOJUS 31)   |
| März      | 1979 | Erste Nahaufnahmen vom Jupiter und seinen Monden (VOYAGER 1, USA)                              |
| November  | 1980 | Erste Nahaufnahmen vom Saturn und seinen Monden (VOYAGER 1)                                    |

|          |      |  |
|----------|------|--|
| März     | 1981 | Der 100. Mensch ist im All (V. Sawinych, UdSSR)  |
| April    | 1981 | Start der ersten Raumfähre (SPACE SHUTTLE, COLUMBIA STS 1, USA)  |
| Juni     | 1985 | Erstmalige Aktivierung einer technisch toten Raumstation (SALUT 7 durch Dshankbekov und Sawinych, UdSSR)   |
| Januar   | 1986 | VOYAGER 2 passiert den Uranus (USA)  |
| Februar  | 1986 | Die erste Raumstation der dritten Generation wird gestartet (MIR, UdSSR)   |
| März     | 1986 | Drei Raumsonden (VEGA 1 und 2, UdSSR sowie GIOTTO, ESA) übermitteln erstmals aus Nahdistanz Bilder und Meßwerte von einem Kometen                      |
| Mai/Juni | 1986 | Erster bemannter Transfer zwischen zwei Raumstationen, Kislom und Solowjow (UdSSR) fliegen mit SOJUS T-15 von MIR zu SALUT 7 und nach 50 Tagen zurück. |
| Mai      | 1987 | Die UdSSR startet einen neuen Satellitenträger, ENERGIJA   |

Gegenwärtig befinden sich über 6500 Objekte in Umlaufbahnen. Doch die Erschließung des Kosmos verlief nicht problemlos. Es gab technische Rückschläge und menschliche Tragödien. Der Tod von 14 Menschen zeigt, daß die Raumfahrtstechnik, wie alle erdgebundenen technischen Systeme auch, nicht ohne Risiko ist. Nach dem Challenger-Unglück gab es in den USA und anderwärts Stimmen, die für eine Abschaffung der bemannten Raumfahrt plädierten. Absurd und paradox! Absurd, weil es ohne den Menschen – trotz der zu beklagenden Opfer – keine wissenschaftlich-technische Entwicklung gibt. Z.B. kommt heute niemand mehr auf die Idee, nach einem Flugzeugabsturz die zivile Luftfahrt einzustellen. Fortschritte der Menschheit waren und sind stets mit – meist kalkulierbaren – Risiken verbunden, genauso, wie das im Leben des Einzelmenschen auch zu beobachten ist. Die militärische Nutzung der Raumfahrtstechnik aber droht einen Punkt zu erreichen, wo das Risiko nicht mehr berechenbar ist, wo die Sicherheit des Menschen nicht mehr garantiert werden kann.

Darum ist es paradox, wenn in den USA einerseits ein Verzicht auf bemannte Raumflüge gefordert wird, während andererseits man gutheißt, daß Unsummen für eine irrsinnige Produktion neuer Waffen ausgegeben werden, die im und aus dem Weltall zur Anwendung kommen sollen, um die menschliche Existenz zu bedrohen. Das SDI-Konzept bedeutet, daß in nicht allzu ferner Zeit Computer über die Existenz des Planeten Erde entscheiden. Mit SDI haben bestimmte imperialistische Kreise und Interessengruppierungen einen verhängnisvollen Seitenweg in der Raumfahrt eingeschlagen.

Seit Jahren praktiziert die UdSSR intensiv die einzig vernünftige Alternative zu SDI. Eine breit angelegte internationale Kooperation zur friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraumes. Deshalb wurde vor zwei Jahren die Organisation Glawkosmos gegründet. Sie ist die Hauptverwaltung der UdSSR für die Entwicklung und Nutzung der Weltraumtechnik für volkswirtschaftliche und wissenschaftliche Zwecke.

### Aufgaben von Glawkosmos

1. Organisation und Koordinierung der Entwicklung und Nutzung der Weltraumtechnik für friedliche Zwecke, wie Geofornerkundung, Kommunikation, Navigation, Meteorologie, Materialwissenschaft, Geodäsie und Kartographie sowie für naturwissenschaftliche Forschung.
2. Bestimmung der notwendigen Entwicklungen und Forschungen für nationale Bedürfnisse.
3. Abschluß von Verträgen mit anderen Ländern und ausländischen Organisationen und deren Realisierung bezüglich des Starts von fremden Satelliten mit sowjetischen Trägerraketen und der Nutzung sowjetischer Laboratorien unter den Bedingungen der Mikrogravitation.
4. Koordinierung der Arbeiten ausländischer Experten bei gemeinsamen Kosmosprogrammen. Im folgenden bietet Glawkosmos ausländischen Kunden folgende sowjetische Weltraumtechnik an:

#### Trägerraketen

In Tabelle 2 sind die technischen Daten der für kommerzielle Zwecke angebotenen Träger aufgeführt.

Für den Transport der Nutzlast zum Kosmodrom bietet die UdSSR ausländischen Kunden zwei Möglichkeiten an:

- a) Direkte Beförderung des Satelliten vom Hersteller bzw. Nutzer zum Kosmodrom mit einem Aeroflot-Charterflugzeug.
  - b) Eigenverantwortlicher Transport der Nutzlast durch den Kunden nach Moskau. Von dort übernimmt die UdSSR mit Aeroflot die Überführung zum Kosmodrom.
- Die Versicherungsleistung wird mit der sowjetischen Agentur Ingosstrach abgeschlossen. Die Versicherungsrate ist geringer als die bei äquivalenten internationalen Unternehmen. Die Zuverlässigkeit der Proton-Trägerrakete belegt Tab. 3.

#### Orbitalkomplex MIR

Für die Nutzung des Orbitalkomplexes gab Glawkosmos folgende Leistungsparameter bekannt (Tabelle 4).



Tabelle 2

| Rakete   | Stufen                   | Treibstoff  | Nutzlast  |
|----------|--------------------------|---|---|
| Vertikal | Geophysikal. Höhenrakete | --  | 560 kg wiss. Instrumente in 1500 km Höhe  |
| Kosmos   | 2                        | Stickstoffoxid/Kerosin  | 450 kg in 500 km hohe Bahn  |
| Zyklon   | 3                        | Stickstofftetroxid/<br>unsymetr. Dimethyl-<br>hydrazin (UDMH) | 4000 kg in 200 km hohe Bahn   |
| Sojus    | 3                        | Flüssig-Sauerstoff/<br>Kerosin                                | 7000 kg in 200 km hohe Bahn   |
| Wostok   | 3                        | Flüssig-Sauerstoff/<br>Kerosin                                | 4730 kg in 200 km hohe Bahn oder<br>1840 kg in 650 km hohe sonnensynchrone Bahn |
| Molniya  | 4                        | Flüssig-Sauerstoff/<br>Kerosin                                | 1500 kg in 36000 km hochelliptische Bahn  |
| Proton   | 3                        | Stickstofftetroxid/<br>UDMH                                   | 21000 kg in niedere Bahn  |
|          | 4                        |   | 2200 kg in GEO, 5700 kg in Mondbahn,<br>5300 kg Venus, 4600 kg Mars             |

Tabelle 3

| Jahr | Starts | Fehl-<br>starts | Jahr   | Starts | Fehl-<br>starts |
|------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|
| 1970 | 5      | 1               | 1979   | 5      | —               |
| 1971 | 5      | —               | 1980   | 5      | —               |
| 1972 | 1      | —               | 1981   | 6      | —               |
| 1973 | 5      | —               | 1982   | 9      | 2               |
| 1974 | 4      | —               | 1983   | 11     | —               |
| 1975 | 5      | 1               | 1984   | 13     | —               |
| 1976 | 3      | —               | 1985   | 9      | —               |
| 1977 | 2      | —               | 1986   | 8      | —               |
| 1978 | 7      | 3               | Gesamt | 103    | 7               |

Ferner kann man wissenschaftliche Instrumente an den außenbords befindlichen Handgriffen und Magnethaltern befestigen.

Die Energieversorgung wird durch die Solarzellen des Basisblocks und der Module gewährleistet. Es steht eine Gleichstromspannung von  $28,5 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V}$  zur Verfügung. Die Energieleitungen sind mit 3, 10, 20 und 50 A gesichert.

Die wissenschaftliche Ausrüstung wird mit Progress-Frachtschiffen, Sojus-TM-Raum Schiffen oder bereits fest installiert im Forschungsmodul transportiert. Bei Beförderung im Progress oder Sojus-TM sollten die Geräte einen Durchmesser von 600 mm und eine Länge von 1000 mm nicht überschreiten. Fragmente einer Apparatur können mit bemannten Sojus-TM-Raum Schiffen oder speziellen Returnvorrichtungen zurückgeführt werden (max.  $\varnothing$ : 200 mm, max. Länge: 300 mm).

Glawkosmos bietet ausländischen Nutzern für material-wissenschaftliche Experimente folgende zwei Anlagen an:

#### 1. Elektro-Schmelzofen SPLAW 2

|                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| Heiztemperatur | 500 °C bis 1050 °C $\pm 3$ °C |
| Kühlrate °C/h  | 2,8; 5,6; 11,3; 22            |
| Kapazität      | 12 Metallampullen             |

Tabelle 4

| Modultyp   | Installation von wissenschaftlichen Instrumenten | Ort                                       | nutzbare Fläche                   |
|--|--|---|-----------------------------------|
| MIR-Basisblock   | a) Außenbord                                     | — Schleuse                                | 330 mm $\times$ 350 mm            |
|  | b) Innenraum                                     | — Wandfläche                              | nach Vereinbarung                 |
|  |  | — gr. Bullauge ( $\varnothing$ 426 mm)    | 500 mm $\times$ 500 mm            |
|  |  | — 2 kl. Bullaugen ( $\varnothing$ 228 mm) | 300 mm $\times$ 400 mm            |
| Quant  | a) Außenbord                                     | — Übergangs-<br>sektion                   | nach Vereinbarung                 |
|  |  | — Träger-<br>rahmen                       | nach Vereinbarung                 |
|  |  | f. Solarflächen                           |                                   |
|  | b) Innenraum                                     | — Wand-<br>fläche                         | nach Vereinbarung                 |
| Forschungs-<br>module<br>(die Anzahl d.<br>nutzbaren<br>Fläche kann je<br>nach Typ<br>variieren) | a) Außenbord                                     | — Schleuse                                | 330 mm $\times$ 500 mm            |
|  | b) Innenraum                                     | — Wandfläche                              | nach Vereinbarung                 |
|  |  | — gr. Bullauge                            | 600 $\times$ 1000 mm <sup>2</sup> |
|  |  | — 5 kl. Bullaugen                         | 300 mm $\times$ 400 mm            |
| Außendurchmesser der Ampulle   |  | 20 mm                                     |                                   |
| Länge der Heizkammer   |  | 150 mm                                    |                                   |

#### 2. Elektro-Schmelzofen ZONA

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Heiztemperatur   | 500 °C bis 1200 °C $\pm 1$ °C       |
| Bewegungsdauer der Ampulle im Ofen durch einen Elektromag. | 20 bis 120 min                      |
| Verschleibgeschwindigkeit                                  | 1 bis 15 mm/min $\pm 1$ %           |
| Verschleibebereich   | 60 mm                               |
| Max. Abmessungen der Ampulle                               | Durchmesser: 15 mm<br>Länge: 120 mm |

Für biotechnologische Versuche steht die Elektrophorese-Anlage KASTHTHAN zur Verfügung:  
 Beschleunigungsspannung 500 bis 5000 V  
 Länge der Trennkammer 1200 mm  
 Querschnitt der Trennkammer  $5 \times 5 \text{ mm}^2$  oder  $10 \times 5 \text{ mm}^2$   
 Kapazität einer Anpulle 0,7 oder 1,4 ml  
 Temperaturregelung  $5^\circ$  bis  $25^\circ \text{C}$   
 Aufzeichnungsfrequenz 1 Bild/min  
 für Kontrollfilm

Tabelle 5: Klimatische Verhältnisse im Basisblock

**Luftzusammensetzung:**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Stickstoff        | max. 78 %   |
| Sauerstoff        | zwischen 21 % und 40 %  |
| Kohlendioxid      | max. 3 % bei 120...350 Torr<br>(1 Torr $\approx$ 133,3224 Pascal)               |
| Wasserstoff       | max. 1 %  |
| Helium            | max. 0,01 %   |
| Temperaturniveau: |   |
| Arbeitssektion    | $0^\circ \text{C}$ bis $40^\circ \text{C}$                                      |
| Zwischenkammer    |   |
| Wohnraum          | $10^\circ \text{C}$ bis $30^\circ \text{C}$                                     |
| Gefrierschrank    | $-18^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$                                       |
| Kühlschrank       | regelbar: $-2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ \text{C}$                        |
| Druck:            |   |
| Wohnraum          | 0,67...1,32 atm<br>(1 atm $\approx$ 101,325 $\times$ 10 <sup>3</sup> Pascal)    |
| Schlusenkammer    | 5...970 Torr  |
| Luftfeuchtigkeit  | regelbar bei $20^\circ \text{C}$ zwischen 20 %<br>und 70 %, kurzzeitig auf 90 % |

### Garantieleistungen

Glawkosmos garantiert ausländischen Nutzern folgende Sicherheiten:

1. Ausländische Spitzentechnologien werden nicht für einen Transfer in die UdSSR-Technologie genutzt.
2. Alle ausländischen Systeme sind zollfrei und werden versiegelt zum Bestimmungsort transportiert, soweit durch sie keine Gefährdung der nationalen Sicherheit der UdSSR oder eine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht.
3. Ausländische Spezialisten können ihre Apparaturen rund um die Uhr begleiten und kontrollieren
4. Alle Aktivitäten in der UdSSR, die in Verbindung mit ausländischen Nutzlasten stehen können von den jeweiligen nationalen Experten beobachtet werden.
5. Bei Satellitenstarts kann der Betreiber die notwendigen Nachrichtenverbindungen der UdSSR nutzen.

Mit dieser Offerte von Glawkosmos eröffnet die UdSSR weitreichende Möglichkeiten für eine friedliche Nutzung der Weltraumtechnik.

Den SDI-Fanatikern sind diese Initiativen natürlich ein Dorn im Auge. Beleg dafür ist die kürzliche Anweisung der Reagan-Administration an die Raumfahrtkonzerne Ford-Aerospace und Hughes, keine sowjetische Weltraumtechnik zu nutzen und entsprechende Konsultationen mit der UdSSR einzustellen.

## Einige Entwicklungstendenzen der Raumfahrttechnik

H.-D. NAUMANN

Aufgabe der Raumfahrttechnik ist die Entwicklung und Bereitstellung der für die Durchführung von Raumfahrtunternehmen erforderlichen Raumtransport- und Orbitalsysteme sowie der für ihren Einsatz und Betrieb erforderlichen Anlagen und Systeme (die hier aus den Betrachtungen ausgeschlossen werden sollen). Stand und Konzeption von Transport- und Orbitalsystemen werden zum einen durch den Stand von Wissenschaft und Technik bestimmt (bzw. begrenzt), zum anderen von den Bedürfnissen, die sich aus den vorgesehenen Raumflugmissionen ableiten.

### Schwerpunkte bisheriger und künftiger Raumfahrtentwicklung

In den 30 Jahren seit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten wurden mehr als 3500 künstliche Raumflugkörper (Nutzlasten) in das Weltall gebracht. Es sei rückblickend nur am Rande vermerkt, daß damit alle Prognosen quantitativer Natur, die seinerzeit gestellt wurden, weit übertroffen wurden.

Versucht man, die scheinbar undurchsichtige Breite der Programme und Vielfalt der Typen in eine ordnende Systematik zu bringen, so präsentiert sich bisherige Raumfahrtentwicklung in sechs programmatischen Schwerpunkten, in die nahezu alle bisherigen Objekte eingeordnet werden können:

1. Die Erforschung und Erkundung der unmittelbaren kosmischen Umgebung der Erde, des Sonnensystems sowie die Fernerkundung der Tiefen des Weltraumes (extraterrestrische Grundlagenforschung).
2. Die Erforschung und Erkundung, Beobachtung und Überwachung der Erde aus dem All (Erdf Fernerkundung).
3. Die Erforschung der Wirkungen der spezifischen Weltraumbedingungen auf biologische und technische Systeme und Prozesse, die Auslotung von Möglichkeiten und Notwendigkeiten zu ihrer Beherrschung sowie der Nutzung ihrer Effekte und Vorteile (Schwerpunkt: Schwereelosigkeit).
4. Kommerzielle Nutzung von Satelliten für qualitativ und quantitativ neue, den Erfordernissen und Bedürfnissen der menschlichen Gesellschaft entsprechenden Formen, Wege und

Lösungen für Prozesse verschiedener Wirtschaftszweige.

5. Satellitennutzung für passive militärische Systeme insbesondere der Rüstungsüberwachung, der Rüstungsbeschränkungskontrolle, der Frühwarnung vor Nuklearschlägen, sowie der Truppen- und Operationsführung.

6. Test und Erprobung von Raumflugkörpern, Flugkörperkomponenten, Verfahren und Technologien.

Wir können davon ausgehen, daß den Bedürfnissen der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft entsprechend, für die nächsten Jahre diese strategischen und programmatischen Grundziele im zivilen Bereich für die Raumfahrtentwicklung erhalten bleiben. Die größten Änderungen werden sich deshalb nicht im Inhalt vollziehen, sondern darin, wie Raumfahrt betrieben und genutzt wird, d.h. im Bereich der Raumfahrttechnik und im Umfang der an Raumfahrt Beteiligten und die Raumfahrt Nutzenden. In Anlehnung an die vorstehenden Schwerpunkte sind deshalb folgende programmatischen Schwerpunkte der Entwicklung bis in die 90er Jahre zu erwarten:

1. Weiterführung und Ausbau der Raumfahrtaktivitäten auf allen Gebieten der extraterrestrischen Forschung.

2. Weiterführung und Ausbau der Raumfahrtaktivitäten auf allen Gebieten der Erdfernerkundung und -beobachtung bei zunehmender Überführung von Forschungsergebnissen in eine wirtschaftliche Nutzung.

3. Steigerung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit kommerzieller Satellitenanwendungen bei Optimierung ihres Einsatzes im Zusammenwirken mit terrestrischen Techniken bei progressivem Wachstum der Anwendungsgebiete und Nutzer.

4. Durchführung einer zunächst noch vorherrschend Forschungscharakter tragenden Phase zur Untersuchung der Nutzbarkeit des Welt- raumes und seiner spezifischen Bedingungen insbesondere für materialtechnische Herstellungsprozesse, aber auch Nutzungsmöglichkeiten im medizinischen und pharmazeutischen Bereich bei Schaffung von Mitteln und Lösungen für den Übergang von dem noch dominierenden Laborcharakter zu kleinseriell verwertbaren Dimensionen.

5. Entwicklung und Bereitstellung der für künftige Raumflugmissionen notwendigen Träger-, Transport- und Orbitalsysteme, die eine optimale Realisierung und Entwicklung der Raumfahrt entsprechend den gesellschaftlichen Bedürfnissen gewährleisten.

6. Progressives Wachstum der internationalen Beteiligung an Raumfahrtprojekten sowie der Nutzung von Raumfahrttechniken durch weitere Länder. Hierfür bietet der im Juni 1986 vom sowjetischen Ministerpräsidenten N. Ryschkow an den UNO-Generalsekretär übergebene Dreistufenplan zur internationalen Raumfahrtentwicklung bis 2000 eine reale Basis, insbesondere auch Entwicklungsländern den Zugang zur Nutzung von Raumfahrttechniken zu verschaffen.

## Zur Entwicklung von Trägersystemen

Für die künftige Entwicklung von Trägersystemen ist davon auszugehen, daß in der Raumfahrt auch in Zukunft unterschiedliche Transportprobleme zu bewältigen sind, die unterschiedliche Trägersysteme erfordern und das technisch-ökonomisch nahelegen. Die mit dem System STS/Space Shuttle der USA verfolgte Philosophie, alle künftigen Raumtransportaufgaben mit einem System zu bewältigen, hat sich als die vorhergesagte ökonomische Sackgasse erwiesen. Diese Erkenntnis wurde nicht durch die Challenger-Katastrophe ausgelöst, sondern ihre Akzeptanz in den USA lediglich beschleunigt, während in der UdSSR ein ähnliches Vorgehen von vornherein niemals ernstlich erwogen wurde. Insbesondere ist dabei auch davon auszugehen, daß der Raumflug des Menschen auch in kommenden Perioden keine „Alltags- und Jedermanns-Routine“ sein wird, so daß der Mensch bei Raumfahrtunternehmen dort eingesetzt wird, wo er notwendig ist und seine Vorteile von Nutzen sind. Für den Transport unbemannter Satelliten in die Umlaufbahn sind Erfordernisse hierfür nicht erkennbar. Es muß ferner explizit darauf hingewiesen werden, daß – entgegen zahlreichen Darstellungen noch bis vor kurzem – die Schaffung großer Orbitalsysteme nicht an die Entwicklung von „Superraketen“ gebunden ist, sondern mit heutigen Trägersystemen und beherrschten kosmischen Kopplungstechniken als Montagetechnologien Orbitalsysteme von mehreren Hundert Tonnen Masse realisierbar sind, wie sie für die 90er Jahre vorhergesagt wurden und geplant sind.

Für die Entwicklung von Trägersystemen sind damit folgende prinzipielle Tendenzen zu erwarten:

- Konventionelle Trägersysteme in bisheriger und weiterentwickelter Technik haben auch weiterhin in der Raumfahrt Bestand und sind in den nächsten Jahren dominierend, auch in der bemannten Raumfahrt. Auch die sich heute in Entwicklung befindlichen bemannten, aero-

dynamischen Raumtransportsysteme, wie HERMES (Frankreich), RASP (Japan) und die noch nicht spezifizierte sowjetische Version bauen auf konventionellen Trägern und Starttechniken auf. Es ist anzumerken, daß auch konventionelle Träger noch zahlreiche Weiterentwicklungen hinsichtlich der Transportökonomie und des Masseleistungsverhältnisses bis hin zur Rückführung und Wiederverwendung von Komponenten gestatten, von der allerdings nur dann Gebrauch gemacht werden wird, wenn sie zur Erhöhung der Ökonomie führt und keine Beeinträchtigung der Sicherheit erfolgt.

- Die funktionelle Vereinigung von Träger- und Transportsystem in der bemannten Raumfahrt, wie sie Projekten wie HOTOL (England) und SÄNGER 2 (BRD) zugrunde liegt, wird erst in einer Folgegeneration wiederverwendbarer bemannter Raumflugkörper realisiert werden, was sicher nach dem Jahr 2000 liegt.

- Für den Transport extrem großer Nutzmassen in Erdumlaufbahnen wurden sog. ballistische Trägersysteme vorgeschlagen, für die bisher nur Projektstudien vorliegen, die jedoch in der weiteren Entwicklung zu beachten sind. Es handelt sich hierbei um einstufige Trägersysteme mit thermochemischem Antrieb auf der Basis hoch-energetischer Treibstoffkomponenten, die eine gesteuerte Rückführung mit Punktlandung auf Teleskopfüßen und nach Neubetankung erneuten Einsatz erlauben. Eine Realisierbarkeit ist heute vor allem aus technologischen Gründen nicht einschätzbar.

## Zu Tendenzen bei Orbitalsystemen

### Raumstationen

Die Entwicklung von Raumstationen ist heute für die nächsten Jahre unter den Raumfahrtprojekten am klarsten umrissen. Sie ist von der Erkenntnis getragen, daß die Raumfahrt zu ihrer Entfaltung in den nächsten Jahren die ständige Präsenz des Menschen im irdischen Weltraum erfordert. Mit der Schaffung von Raumstationen, die dafür technisch und auch sozial die erforderlichen Bedingungen bieten, hat die Raumfahrttechnik hierfür die Voraussetzungen zu schaffen. Die Lösung ist seit langem konzeptionell abgesteckt und heißt modulare Raumstation.

Die bisher gestarteten 8 Stationen der Typen Salut und Skylab stellen Kompaktstationen dar, die als Ganzes gestartet wurden, und für kurz- bis mittelfristige Flüge kleinerer Besatzungen von zwei bis drei Mann bei kurzzeitig höheren Besatzungen geeignet waren und keine Voraussetzungen für modulare Erweiterungen besaßen,

insbesondere auch nicht für externe Versorgungsleistungen. Entwicklungsgeschichtlich sind diese Raumstationen als „Prototyp der permanent funktionierenden Orbitalkomplexe der Zukunft“ [1] einzuordnen.

Eine modulare Raumstation wird aus konstruktiven Komponenten – den Modulen – zusammengesetzt, die i. a. mechanisch nicht mehr zerstörungsfrei teilbar sind und deren selbständige und abgegrenzte Funktion sich im Rahmen des gesamten Stationskomplexes erfüllt. Die Modulbauweise wird durch folgende Aspekte charakterisiert:

1. Eine modulare Raumstation besteht immer aus mehreren Bausteinen, von denen jeder eine bestimmte Funktion erfüllt.
2. Die Formen der Module werden so gewählt, daß verschiedenartige Baueinheiten zu einer Raumstation zusammengesetzt werden können und sich eine funktionelle Vielfalt der Nutzung durch verschiedene Kombinationen erreichen läßt.]
3. Der Modulaustausch erfolgt dynamisch, d. h. im Betriebszustand ohne Unterbrechung der Gesamtfunktion.
4. Die Grundkonstruktion der Module wird so gewählt, daß sich Funktion und Ausstattung unterschiedlicher Aufgaben anpassen lassen.

Bei modularen Raumstationen können 3 Grundtypen von Modulen unterschieden werden:

- **Betriebsmodule** dienen der Wahrnehmung aller Funktionen, die für den langzeitigen Betrieb der Station erforderlich sind. Dazu gehören Energieversorgung, Bahn- und Lagesteuerung, Kommunikation und bordeigene Datenverarbeitung, die Wohn- und Sanitärkomplexe, das Lebenserhaltungssystem sowie Koppelaggregate und Übergangssektionen.

- **Applikationsmodule** sind die eigentlichen Nutzlasten der Station, dienen unterschiedlichsten Einsatzzwecken und können stark spezialisiert oder multivalent einsetzbar konzipiert sein.

- **Service- und Dienstleistungsmodule** dienen der Durchführung von Reparatur- und Wartungs- sowie Umrüstungsarbeiten an der Station selbst, vor allem an externen Raumflugkörpern.

Modulare Raumstationen werden in den 90er Jahren die Raumfahrttechnik tiefgreifend verändern und die Raumfahrtentwicklung nachhaltig beeinflussen. Bis zum Ende unseres Jahrhunderts wird dadurch ein völlig neues operationelles Konzept der Raumfahrt entstehen, das nicht nur durch Weiterführung heutiger Forschungs- und Nutzungsrichtungen auf neuen



Qualitätsstufen geprägt ist, sondern vor allem dadurch, daß sich Raumstationen mehr und mehr zum Operations-, Steuerungs-, Lenk- und Leit- sowie Koordinierungszentrum bemannter und korrelierender unbemannter Aktivitäten im erdnahen Raum sowie zur Ausgangsbasis weiterführender Raumflugmissionen entwickeln. Dabei kommen besonders folgende Vorteile zum Tragen:

- Durch Auswechseln und Hinzufügen von Modulen ist es bei vergleichsweise geringem Aufwand möglich, die Stationen ständig auf dem neuesten Stand zu halten und ohne kompletten Stationswechsel an neue Aufgaben anzupassen.
- Durch die Trennung von Wohn- und Arbeitsbereichen entstehen verbesserte Arbeits- und Lebensbedingungen für die Besatzungen.
- Es entstehen völlig neue Aspekte einer internationalen Zusammenarbeit, indem es möglich ist, Module verschiedener Länder über genormte Schnittstellen an den Stationen anzukoppeln.

Einen solchen modularen Beitrag stellt das von BRD- und italienischen Firmen entworfene Columbus-Konzept dar, mit dem sich die ESA-Staaten an der amerikanischen Raumstation beteiligen wollen. Die westeuropäischen Staaten wollen damit ihren Anteil am „Geschäft Raumfahrt“ wahren, sind jedoch gleichzeitig bestrebt, ein ähnliches „Übers-Ohr-Hauen“ durch die USA (siehe Spacelab) zu vermeiden. Deshalb wird Columbus so konzipiert, daß es sowohl an der US-Raumstation als auch autark als kleine eigenständige Station fliegen kann. Columbus selbst wird aus drei Modulen aufgebaut und ein kleines orbitales Transferfahrzeug zum Transport von Personal und Geräten von der Station zu Freiflugplattformen beinhalten. Konzeptionell gleichgelagert ist das japanische JEM. Modular ausbaufähig und variierbar, damit der Bedarfentwicklung anpaßbar, werden die Raumstationen in den 90er Jahren nicht nur neue Aufgaben und Dienstleistungen übernehmen können, auch Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Raumflugoperationen werden erhöht. Zu den neuen Möglichkeiten, die modulare Raumstationen (ab den 90er Jahren) erschließen werden, gehören u. a.

- der Einsatz für gezielte industrielle Forschung und kommerzielle Nutzung,
- der Aufbau und der ständig gewartete Betrieb großer Beobachtungskomplexe außerhalb der Erdatmosphäre für alle Bereiche der astronomischen und astrophysikalischen Forschung,
- die Nutzung als Wartungs-, Reparatur- und Umrüstungsstation für Satelliten und Raumplattformen, die in Stationsnähe operieren,

- die Nutzung als Bau- und Umschlagplatz und damit Ausgangsbasis für große ausgedehnte Strukturen, wie sie für künftige geostationäre Kommunikationsplattformen erforderlich sind, von der Erde aus aber nicht gestartet werden können,

- die Nutzung als Start- und Zielpunkt für interplanetare Raumflugmissionen, die auf Grund ihrer Größe die Erdatmosphäre nicht durchdringen können oder wegen des Antriebsenergiebedarfs nicht komplett von der Erdoberfläche aus gestartet werden können,

- die Nutzung als Produktionsstätten neuer industrieller Produkte.

Die sowjetische Station MIR ist der erste Basisblock für eine modulare Raumstation, der im wesentlichen den Wohn- und Aufenthaltsbereich sowie die zentrale Steuerung und Energieversorgung enthält. MIR hat die Voraussetzungen, für eine Modulstation von ca. 120...150 t Masse.

Die amerikanische Modulstation, für die das endgültige Konzept noch nicht entschieden ist, wird nach dem gegenwärtigen Stand nicht vor 1995 einsatzreif sein.

### Freifliegende, unbemannte Plattformen

Eine Grundtendenz künftiger raumfahrttechnischer Entwicklungen ist der zunehmende Einsatz wiederverwendbarer, wartbarer, unbemannter, freifliegender Plattformen. Sie können als wiederverwendbare unbemannte Satelliten betrachtet werden, denen dieselbe Philosophie zugrunde liegt, wie der modularen Raumstation im bemannten Bereich. Ziel des Einsatzes ist das Experimentieren ohne den „Störfaktor Mensch“ außerhalb von Raumstationen. Der Einsatz erfolgt in unmittelbarem Systemzusammenspiel mit modularen Raumstationen.

Eine solche Plattform besteht aus einer tragenden Grundstruktur, die gitter- oder kastenartig, ebenso zylindrisch ausgeführt sein kann und über zentrale Betriebssysteme, wie Telemetrie, Bahn- und Lagesteuerung, Kommandosystem und Energieversorgung verfügt. Als eigentliche Nutzlasten werden in diese Grundstruktur modul- und containerartig verschiedenste Experimental-komplexe eingesetzt. Eine solche Plattform wird im Weltall ausgesetzt und dort belassen. Sie kann bei späteren Flügen zur Erde zurückgeführt werden, wo sie neu instrumentiert und erneut in den Weltraum transportiert werden kann. Dieser Weg erfordert wiederverwendbare Raumtransportsysteme. Vielseitiger und ökonomischer ist es, solche freifliegenden Plattformen im Gruppenflug mit bemannten Raumstationen zu betreiben. Die Plattformen können dabei zunächst

als Module an eine Raumstation angekoppelt und hier durch die Besatzung aktiviert werden. Danach erfolgt die Abtrennung von der Raumstation und das Einmanövrieren auf eine Bahn, die der der Raumstation ähnelt. Die Plattform kann dann

- entweder nach einer bestimmten Freiflugzeit zur Raumstation zurück manövriert und an diese angekoppelt werden (Wartung; Modulaustausch; erneute Einsatzvorbereitung),
- oder von der Raumstation aus mit Raumpendeln zu gleichen Zwecken angeflogen werden.

Dieser Weg wird offenbar von der UdSSR im Rahmen des neuen Raumstationsprogramms „MIR“ beschränkt, wofür der Pendelflug von Sojus T 15 von MIR zu Salut 7 und zurück bereits ein auch in dieser Hinsicht zu wertender Schritt war. Für die Module selbst werden Konzeptionen gewählt werden, wie sie bisher mit Kosmos-Satelliten im Rahmen des Salut-Programms erprobt wurden. In den USA werden freifliegende Plattformen in den nächsten Jahren im Shuttle-Programm eingesetzt, da eine Raumstation nicht vor 1995 verfügbar sein wird.

#### **Einsatz geostationärer Plattformen**

Eine besondere Situation, die neue raumfahrttechnische Lösungen erfordert, hat sich in der Nutzung der geostationären Bahn entwickelt. Diese Bahn verkörpert aufgrund ihrer Vorteile eine einzigartige Weltraumressource mit vitaler Nutzbarkeit für einen weiten Bereich von Satellitenanwendungen. Wegen ihrer begrenzten Kapazität erfordert sie - wie jede begrenzte Naturressource - zu einer optimalen Nutzung eine weit vorausschauende Planung und internationale Koordinierung. Aber auch neue technische Lösungen sind erforderlich.

Zur Zeit nutzen etwa 150 Satelliten die geostationäre Bahn, die sich wie folgt verteilen:

- 75 % Nachrichtensatelliten
- 13 % Erdkundungs- und Erdbeobachtungssatelliten
- 8 % Meteorologische Satelliten
- 2 % Wissenschaftliche Satelliten.

1970 bis 1980 wuchs die Zahl geostationärer Satelliten jährlich um 18 %. Bis zum Jahr 2000 ist mit mindestens einer Verdopplung zu rechnen, denn rund 100 Planungen oder schon in der Koordinierung laufende Satelliten sind schon heute bekannt. Damit bahnt sich Platznot im geostationären Orbit an, zumal nicht alle Positionen gleich gefragt sind, sondern sich als Folge der Verteilung der Kontinente ausgesprochene Ballungsgebiete ergeben.

Zur Vermeidung gegenseitiger Störungen sowie zur Gewährleistung einer gleichberechtigten

Nutzung der geostationären Bahn und der Frequenzen durch alle Staaten sind internationale Regelungen erforderlich. Um diese herbeizuführen, wurde von der Internationalen Fernmeldeunion ITU eine spezielle Weltfunkverwaltungskonferenz einberufen, deren erste Runde im August 1985 unter Beteiligung von rund 1000 Vertretern aus 140 Ländern in Genf stattfand. Die zweite abschließende Runde wird 1988 durchgeführt.

Unabhängig von zu erwartenden Regelungen hat auch die technische Entwicklung zur Lösung dieser Probleme beizutragen. Neben der Erhöhung der Kapazitäten und der Funktionsdauer, der Nutzung neuer Frequenzbereiche und der Anwendung neuer Übertragungsverfahren zur rationelleren Nutzung der Übertragungskapazitäten gehört in den nächsten Jahren der Übergang von heute dominierenden speziellen Satelliten zu „Multifunktionssatelliten“, d. h., die zunehmende Zusammenfassung einzelner Systeme zu großen geostationären Telekommunikationsplattformen. Derzeitige Projekte sehen bis zum Jahr 2000 Plattformen mit Umlaufmassen zwischen 5 t und etwa 50 t vor.

Eine geostationäre Telekommunikationsplattform besteht aus einer zentralen Serviceeinheit für Energieversorgung, Bahn- und Lageregelung, Telemetrie und Überwachung, sowie mehreren nachrichtentechnischen Nutzlasten und großen Antennen bzw. Antennensystemen, mit denen auch kleine Versorgungsbereiche innerhalb von Ländern z. B. für Mobilfunkdienste, wie Autotelefonie ausgeleuchtet werden können. Im Zeitraum 1990-2000 werden Spiegelantennen mit Durchmessern >100 m Einsatzreife erlangen. Man muß zunächst davon ausgehen, daß solche großen Orbitmassen ohne Erhöhung der Nutzlastkapazitäten verfügbarer Trägersysteme realisiert werden, weshalb verschiedene Alternativen studienmäßig untersucht werden:

1. Getrennter Start der Module, Montage auf einer niedrigen Umlaufbahn (automatisch oder unter Mitwirkung von Menschen im Orbit, womit auch diese Aufgabe in unmittelbarer Korrelation zu bemannten Orbitalstationen stünde), Transfer mit eigenem Antriebssystem in den geostationären Orbit.
  2. Getrennter Start der Module, getrennter Einschub in die geostationäre Bahn, hier Montage durch automatisches Andocken.
  3. Getrennter Start und Montage in der Transferbahn.
- Zur Zeit ist noch keine Bewertung möglich, welcher Weg der optimale ist. Bei den Varianten 1 und 3 muß z. B. die Montage weitgehend automatisch erfolgen, da wegen der niedrigen Um-

laufzeiten der Komponenten nur kurze Sichtzeiten zu den Bodenkomplexen bestehen.

Bei Variante 2 besteht ständiger Kontakt, so daß die Montage in Echtzeit vom Boden her steuerbar ist, jedoch benötigt hier jedes Modul ein eigenes Antriebssystem. Zwischen solchen und vielen anderen Aspekten ist abzuwägen.

Die Vorteile solcher Geo-Plattformen sind hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit und jenen vergleichbar, die für freifliegende Plattformen genannt wurden. Veraltete Nutzlasten einer Geo-Plattform können abgekoppelt und durch neue ersetzt werden. Reparaturen defekter Nachrichtenmodule sind durch Rückführung in niedere Umlaufbahnen oder durch zeitweises Ankoppeln an eine bemannte Raumstation möglich. Auch neue Funkdienste können durch modulare Erweiterungen realisiert werden.

Vor allem aber schaffen solche Konzepte neue Möglichkeiten und Voraussetzungen für die internationale Nutzung und Zusammenarbeit. Auf der Basis standardisierter Anschlußparameter und Koppelsysteme können auch andere Staaten eigenständige Module für ihre nationalen Belange autark beisteuern. Damit stellen Geo-Plattformkonzepte künftig einen optimalen, möglicherweise sogar den praktikablen Weg überhaupt dar, auch kleineren Staaten, vor allem den Entwicklungsländern einen ökonomisch vertretbaren und technisch möglichen Zugang zu Raumfahrttechniken und -technologien im Dienste ihrer wirtschaftlichen Entwicklung zu erschließen.

Lit.: [1] Suworow, W.: Salut auf der Umlaufbahn. APN-Verlag Moskau 1985.

(Manuskriptabschluß: 10. 5. 1987)

## Neue Daten von den Uranusringen

D. STOLL, H. TIERSCH

Fünf Monate vor dem Start von Voyager 2 wurde im März 1977 zum ersten Mal das Ringsystem des Uranus bei einer Sternbedeckungsmessung nachgewiesen [1] [2] [3] [4] (vgl. auch AuR 2/1979, S. 60). Da die Uranusrotationsachse um  $98^\circ$  gegenüber der Bahnebene des Planeten geneigt ist, kann man von der Erde aus nach jeder halben Umlaufperiode (d. h. alle 42 Jahre) für einige Zeit auf einen der Pole und somit auch fast senkrecht auf die in der Äquatorebene liegende Ringzone blicken. Diese zur Zeit günstigen Bedingungen förderten die Beobachtungen erheblich und ermöglichten es, mit Hilfe einer inzwischen verbesserten Beobachtungstechnik das Uranusringsystem erstmals 1984 von der Erde aus direkt abzubilden. Da sich die

Ringzone von Ring 6 bis Ring  $\epsilon$  nur über eine radiale Breite von ungefähr 10000 km erstreckt, ist sie lediglich unter einem Winkel von  $0,8$  zu sehen, so daß eine Auflösung in ihre einzelnen Komponenten mit dieser Methode nicht möglich ist. Nun kann man sich fragen, warum noch während der Annäherung von Voyager 2 an den Uranus dessen Beobachtung auf der Erde so intensiv fortgesetzt wurde. Es bot sich hier u. a. die seltene Gelegenheit, Methoden und Messungen unvoreingenommen zu testen und sich diese durch die Daten der Sonde schnell und möglichst genau bestätigen zu lassen. Der wichtigste Grund bestand jedoch darin, die bisherigen Vorstellungen vom Uranussystem noch vor dem Eintreffen von Voyager 2 zu präzisieren, um so den optimalen Weg der Raumsonde programmieren zu können und festzulegen, welche Objekte in die Untersuchungen einbezogen werden sollten.

Die mit terrestrischen Methoden abgeleiteten Parameter des Uranusringsystems besaßen, wie der Vergleich mit den Meßergebnissen der Voyagersonde zeigt, eine hohe Genauigkeit. Vor allem trifft das auf die geometrischen Daten der Ringe zu, die in der Tabelle 1 zusammenge stellt sind. Die Benennung aller Ringe ist jedoch noch nicht endgültig.

Viele physikalisch interessante Aussagen über Struktur und Zusammensetzung der Ringe können jedoch nur durch Messungen aus nächster Nähe gewonnen werden. Voyager 2 passierte die Ringebene in einem Abstand zum Zentrum des Uranus von  $116000 \text{ km} = 4,5 R_U$  (Uranusradius  $R_U = 25600 \text{ km}$ ). Dieser Punkt liegt zwischen der Ringzone und der Umlaufbahn von Miranda, des innersten der bisher bekannten fünf Uranusmonde.

Mit einer Entfernung von  $107000 \text{ km} (= 4,2 R_U)$  zum Mittelpunkt oder ungefähr  $81000 \text{ km}$  zur Wolkenobergrenze des Uranus erreichte Voyager 2 am 24. Januar 1986 um 18.59 Uhr MEZ die größte Annäherung an den Planeten. Zu diesem Zeitpunkt war die Sonde fast drei Milliarden km von der Erde entfernt. Die Laufzeit für Funksignale betrug  $2 \text{ h } 45 \text{ min}$ . Die neuen Daten über die Ringe verdanken wir vor allem dem Kamerasystem (ISS), dem Fotopolarimeter (PPS), dem Ultraviolett spektrometer (UVS) sowie den aus der Abschattung der Radiosignale der Sonde gewonnenen Messungen (RSS). Außerdem wurden die Meßgeräte für Plasmawellen (PWS) und für die planetare Radioastronomie (PRA) während des Passierens der Ringebene zur Suche nach kleinen Ringpartikeln eingesetzt [5].

Es konnten zwei neue Ringe eindeutig beobachtet werden, die die vorläufigen Bezeichnungen 1986U1R und 1986U2R erhielten. Eine Anzahl



Tabelle 1 (nach [5] [6])

| Ring       | Abstand<br>vom<br>Uranus-<br>zentrum<br>(10 <sup>3</sup> km) | Exzen-<br>trizität<br>(10 <sup>-3</sup> ) | Nei-<br>gung<br>(10 <sup>-3</sup> °) | Breite<br>(km) | optische<br>Tiefe |
|------------|--|---|--------------------------------------|----------------|-------------------|
| 1986U2R    | 37—39,5  | 0   | 0                                    | ≈2500          | 0,001—<br>0,0001  |
| 6          | 41,85  | 1,0                                       | 63                                   | 1—3            | 0,2—0,3           |
| 5          | 42,24  | 1,9                                       | 52                                   | 2—3            | 0,5—0,6           |
| 4          | 42,58  | 1,1                                       | 32                                   | 2—3            | 0,3               |
| $\alpha$   | 44,73  | 0,8                                       | 14                                   | 7—12           | 0,3—0,4           |
| $\beta$    | 45,67  | 0,4                                       | 5                                    | 7—12           | 0,2               |
| $\eta$     | 47,18  | (0)                                       | (2)                                  | 0—2            | 0,1—0,4           |
| $\gamma$   | 47,63  | (0)                                       | (11)                                 | 1—4            | 1,3—2,3           |
| $\delta$   | 48,31  | (0)                                       | 4                                    | 3—9            | 0,3—0,4           |
| 1986U1R    | 50,04  | 0   | 0                                    | 1—2            | 0,1               |
| $\epsilon$ | 51,16  | 7,9                                       | (1)                                  | 22—93          | 0,5—2,1           |

weiterer Ringe und Ringteile, sogenannte Bögen, sind mit großer Sicherheit nachgewiesen worden.

### Geometrische und optische Parameter der Ringe

Auf den Bildern des ISS waren nur bei Ring  $\epsilon$  und bei der breiten Komponente von Ring  $\eta$  einzelne Strukturen nachweisbar [7]. Die genauesten Daten der Ringe und ihrer Details konnten durch Beobachtung von Sternbedeckungen gewonnen werden, wobei das Licht des jeweils abgeschatteten Sterns 100mal pro Sekunde mit dem PPS gemessen wurde [8]. Die Bedeckung von  $\sigma$  Sagittarii (Nunki) berührte nur die Ringe  $\epsilon$ , 1986U1R und  $\delta$ . Außerdem wurde die Abdeckung von  $\beta$  Persei (Algol) durch alle Ringe in einem Bereich beobachtet, der bis 38000 km an den Uranusmittelpunkt heranreichte. Hier betrug die untere Auflösungsgrenze 100 m, wohingegen im ersten Fall eine räumliche Auflösung von 10 m erreicht wurde. Von der Erde aus sind selbst bei günstigen Bedingungen keine Strukturen unter 3 km nachweisbar, sehr scharfe Kanten können allerdings bis auf einige hundert Meter genau bestimmt werden. Der Unterschied zwischen den Messungen von Voyager 2 und denen von der Erde liegt darin begründet, daß die Ringzone wegen ihrer relativ kleinen Distanz zur Sonde unter einem weit größeren Winkel erscheint.

Es konnten die nachstehenden Details der Ringe beobachtet werden, wobei sich alle folgenden Entfernungsangaben auf den Uranusmittelpunkt beziehen:

Den Bereich 37000 km...39500 km überdeckt ein breiter, extrem transparenter und diffuser Ring, jetzt 1986U2R genannt, der kurz vor dem

Passieren der Ringebene von der Sonde abgebildet wurde [7]. Auf Grund dieser Eigenschaften hätte man ihn kaum von der Erde aus entdecken können. Durch die Sternbedeckung von  $\beta$  Per ließen sich Strukturen innerhalb dieser Zone (bei 38280 km und 38430 km) nachweisen, am letztgenannten Ort jedoch nur während der Eintrittsbedeckung [8]. Die Ringe 6, 5 und 4 (Abstand 41850 km, 42240 km und 42580 km) haben eine optische Tiefe von 0,2 bis 0,6 und gehören mit einer radialen Ausdehnung von weniger als 3,5 km zu den schmalsten Ringen. Diese Ringe besitzen die größte Neigung gegenüber der Äquatorialebene und erreichen eine maximale vertikale Abweichung von 24 km bis 46 km. Sie weisen kleine Exzentrizitäten von 0,001 bis 0,002 auf. An der Innenkante von Ring 6 befindet sich mindestens ein weiterer Bogen gleicher Breite und optischer Tiefe.

Die Ringe  $\alpha$  und  $\beta$  im Abstand von 44730 km und 45670 km haben geringe Exzentrizitäten und scheinen in ihrer Breite zwischen ca. 7 km und 12 km zu variieren, wobei diese Extrema etwa 30° von der Periaapsis bzw. Apoaapsis entfernt sind. Die ungleiche radiale Ausdehnung des  $\alpha$ -Ringes war schon von der Erde aus beobachtet worden. Eine vermutete Doppelstruktur konnte aber nicht bestätigt werden.

Auf drei Aufnahmen im rückwärtsgestreuten Licht zeigte sich außerhalb des  $\beta$ -Ringes bei 45736 km ein weiterer schwacher und innerhalb der Meßgenauigkeit kreisförmiger Ring [7]. Seine Helligkeit beträgt nur ein Zehntel der des  $\beta$ -Ringes.

Bei Ring  $\eta$  läßt sich weder eine Exzentrizität noch eine Neigung gegen die Äquatorialebene feststellen. In guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen von der Erde lassen sich ein breites, diffuses Band (Ausdehnung 55 km bis 60 km) und eine schmale Komponente (bei 47180 km) unterscheiden. Ihre radiale Ausdehnung gleicht etwa der der Ringe 6, 5 und 4. Bei der Eintrittsbedeckung von  $\beta$  Per konnte diese Komponente aber nicht gemessen werden, was auf eine Diskontinuität hindeutet. Die Ringe  $\gamma$  und  $\delta$  (bei 47630 km und 48310 km) sind ebenfalls schmal und ohne merkliche Neigung und Exzentrizität. Das Material innerhalb der Ringe scheint allerdings räumlich sehr ungleichmäßig verteilt zu sein. Beim  $\gamma$ -Ring variiert die radiale Ausdehnung zwischen 1 km und 4 km und beim Ring  $\delta$ , von dem vier Sternbedeckungen beobachtet wurden, schwanken die Angaben zur Breite zwischen 3 km und 9 km. Die radialen Verteilungen weisen bei den einzelnen Messungen ebenfalls Unterschiede auf. Man glaubt, bei der Eintrittsbedeckung von  $\beta$  Per drei Kompo-



nennten im  $\delta$ -Ring identifiziert zu haben. An seiner Innenkante befindet sich möglicherweise eine diffuse Region. Der neuentdeckte Ring 1986U1R bei 50040 km zeigt weder erkennbare Neigung noch Exzentrizität. Er ist extrem schmal (1 km...2 km) und hat nur eine niedrige Albedo und geringe optische Tiefe, so daß sein Nachweis von der Erde aus wenig wahrscheinlich gewesen wäre. Im Bereich um 50660 km wurde bei den Sternbedeckungen ein weiterer, etwa 16 km breiter, optisch dünner Ring gefunden [8].

Der Ring  $\epsilon$  (mittlere Entfernung 51160 km) ist der mit Abstand breiteste Ring (ohne Berücksichtigung von 1986U2R). In Übereinstimmung mit den terrestrischen Messungen variiert seine Breite jedoch stark und reicht von 22 km in der Periapsis bis 93 km in der Apoapsis. Mit einer Exzentrizität von 0,008 weichen die Uranusentfernungen in diesen beiden Punkten um über 400 km vom Mittelwert ab. Das ist fünfmal soviel wie beim Ring 5, der die zweitgrößte Exzentrizität aufweist. Vor allem an der Innenkante und im äußeren Bereich des  $\epsilon$ -Ringes sind deutlich einige scharf abgegrenzte, optisch dicke Materiebänder auszumachen. Diese Strukturen zeigen sich sowohl auf den Bildern des ISS als auch bei den Sternbedeckungen und den Radiowellenmessungen [7] [8] [9]. Möglicherweise sind die Materialverdichtungen auf Resonanzeffekte durch Uranussatelliten zurückzuführen.

### Physikalische Parameter der Ringe

Wichtig für ein Verständnis des Phänomens der Ringe, ihrer Entstehung und Entwicklung sind Einzelheiten über die Größe, Zusammensetzung und Beschaffenheit der Ringpartikeln. Hierzu konnte Voyager 2 wertvolle Angaben liefern. Die auffälligste Eigenschaft sowohl der Ringmaterie als auch der meisten neuentdeckten Monde ist ihre tiefschwarze Farbe. Die Albedo der Teilchen beträgt im visuellen Spektralbereich 0,04 bis 0,05. In den Ringen des Saturns beobachtete man dagegen Eisteilchen mit wesentlich höherer Albedo (oft  $>0,5$ ). Zur Erklärung jenes geringen Reflexionsvermögens wird angenommen, daß sich im Eis enthaltenes Methan unter dem Einfluß des starken Strahlungsfeldes des Uranus in ein schwarzes, amorphes Polymer umwandelt. Das hätte zur Folge, daß die Teilchen unelastisch werden und im Falle eines Zusammenstoßes aneinander haften bleiben. Dieser Effekt ist besonders für kleine Teilchen wirksam.

Es gibt noch zwei weitere Mechanismen, die diesen „Staubteilchen“ ihren Verbleib in der Ringzone erschweren könnten:

Zum einen reicht wegen der geringeren Gravitation (im Vergleich zum Saturn) die Wasserstoffatmosphäre des Uranus weiter nach außen, bremst die kleinen Teilchen ab und läßt sie auf den Planeten stürzen. Zum anderen spielt wahrscheinlich das stark gegen die Äquatorebene geneigte Magnetfeld ( $60^\circ$ ) eine Rolle. Es drückt die durch das Plasma elektrisch aufgeladenen Partikeln aus der Ringebene heraus (ähnlich wie beim Staubhalo des Jupiters). Dieser Mechanismus ist ebenfalls für kleine Staubteilchen viel effektiver als für große. Es dürften somit nur sehr wenige Mikrometergroße Partikeln vorhanden sein.

Die genannten Überlegungen wurden durch ein Experiment bestätigt, bei dem die Abschwächung der Signale zweier Radiowellen sender beim Vorbeiflug von Voyager 2 hinter den Uranusringen von der Erde aus gemessen wurde. Die etwa gleichstarken Abschattungen bei 3,6 und 13 cm Wellenlängen deuten darauf hin, daß selbst im  $\epsilon$ -Bereich noch sehr wenig Material vorhanden ist [9]. Es gibt allerdings Gebiete, in denen Staubteilchen nachgewiesen wurden:

Ein 4000 km dickes Gebiet, in dem Voyager 2 die Ringebene passierte (bei 116000 km), scheint mit Mikrometergroßen Partikeln angefüllt zu sein (etwa 0,001 Teilchen pro  $m^3$ ) [5]. Neben diesem vom PWS nachgewiesenen Staub war auf einer langbelichteten Aufnahme im vorwärts gestreuten Licht in einem Gebiet zwischen ca. 40000 km und 50000 km vom Uranuszentrum eine stark strukturierte, optisch sehr dünne Staubsammlung zu sehen, vergleichbar etwa mit dem D-Ring des Saturns. Im letztgenannten Bereich können sehr viele Details unterschieden werden, von denen die meisten im rückwärts gestreuten Licht nicht zu beobachten sind [7]. Der Anteil dieser Staubteilchen an der Ringmaterie insgesamt ist jedoch extrem gering. Beim Saturn ist der Anteil der Mikrometergroßen Partikeln mindestens 100mal so hoch. Geht man davon aus, daß diese Staubzonen ein Langzeitphänomen sind, so müssen Quellen vorhanden sein, die die Verluste an Staubteilchen kompensieren. Nur um den Effekt der atmosphärischen Abbremsung auszugleichen, ist es nach grober Abschätzung notwendig, jährlich Material zuzuführen, das etwa einem Körper von 30 m Durchmesser äquivalent ist.

Der Ring  $\epsilon$  ist in vieler Hinsicht interessant. Außer seiner schon erwähnten Breite, Exzentrizität und Strukturiertheit, die ihn von den anderen Ringen abheben, weist er noch einige weitere Besonderheiten auf. In ihm scheint es so gut wie keine Teilchen unter einigen Dezimetern Durchmesser zu geben [9]. Die erwähnten Radio-

messungen deuten zudem im Bereich der Periastris auf ziemlich ungewöhnliche Ringpartikeln hin, wie sie noch bei keinem anderen Ring im Sonnensystem beobachtet wurden. Die gemessenen Streuungen der Signale könnten von Objekten hervorgerufen worden sein, die in radialer Skala einige Meter, in azimutaler Ausdehnung jedoch mehrere Kilometer groß sind [9] [10]. Solche Schlußfolgerungen sind allerdings nur als erste Erklärungsversuche zu betrachten.

Bei den Sternbedeckungen zeigten die Meßwerte an der Außenkante vom  $\epsilon$ -Ring einen Übergang von optisch dickem Material zum freien Raum innerhalb eines Bereiches von weniger als 40 m(!). Die Dicke des Ringes kann hier also 150 m und die Partikelgröße 30 m kaum übersteigen. Bei dieser Abschätzung wurden sphärische Teilchen angenommen [8]. Man führt diese ausgesprochen scharfe Kante auf den neuentdeckten Mond 1986U8 zurück, einen sogenannten „Schäfersatelliten“, der den Planeten in 53800 km Entfernung umkreist. Auch für die scharfe Innenkante des  $\epsilon$ -Ring und möglicherweise die Außenkante des  $\delta$ -Ring kann man einen weiteren Mond (1986U7, Bahnradius 49700 km) verantwortlich machen. Die Ringkanten befinden sich jeweils am Ort hoher Wellenzahlresonanzen (Lindbladresonanzen) der Satelliten. Eine ähnliche Situation kennen wir vom Saturn hinsichtlich der Außenkante des B-Ring und dem Mond Mimas. Die beiden erwähnten Uranussatelliten haben einen Durchmesser von ca. 50 km bzw. 40 km. Es waren weitere, mit anderen Ringen korrelierte Schäfersatelliten in größerer Zahl vorausgesagt worden [11], von denen jedoch keine entdeckt wurden. Aus der bisherigen Auswertung der Aufnahmen kann auf einen oberen Grenzdurchmesser für unentdeckte Satelliten in dieser Region von 15 km...20 km geschlossen werden. Die übrigen der zehn neuentdeckten Monde scheinen in keiner direkten Beziehung zu den Ringen zu stehen und umkreisen den Planeten außerhalb der Ringzone in einem Abstand von 59200 km bis 86000 km. Ihre Durchmesser liegen zwischen 50 km und 170 km [5] [7] [12].

Die gewonnenen Daten haben nicht nur Probleme geklärt, sondern auch neue Rätsel aufgegeben. Sie werden jedoch insgesamt zu einem besseren Verständnis der Entwicklung der Ringssysteme und der in ihnen ablaufenden dynamischen Prozesse beitragen. Die bisherige Auswertung der Meßdaten läßt den Schluß zu, daß die Uranusringe wahrscheinlich noch dynamisch jung sind. Beim Uranusringsystem finden sich sowohl Gemeinsamkeiten mit den anderen Ringssystemen, aber auch viele abweichende Merk-

male, die es zu etwas Einmaligem und Unwechselbarem werden lassen.

Lit.: [1] Elliot, J. L., Dunham, E., Mink, D.: Nature 267 (1977), S. 328. – [2] Millis, R. L., Wasserman, L. H., Birch, P. V.: Nature 267 (1977) S. 530. – [3] Tiersch, H., Stoll, D.: Astron. Raumf. 24 (1986), S. 45. – [4] Stoll, D., Tiersch, H.: Astron. Raumf. 24 (1986), S. 73. – [5] Stone, E. C., Miner, E. D.: Science 233 (1986), S. 39. – [6] French, R. G., Elliot, J. L., Levine, S. E.: Icarus 67 (1986), S. 134. – [7] Smith, B. A. u. a.: Science 233 (1986), S. 43. – [8] Lane, A. L. u. a.: Science 233 (1986), S. 65. – [9] Tyler, G. L. u. a.: Science 233 (1986), S. 79. – [10] Rosen, P. A. u. a.: Bull. Am. Astron. Soc. 18 (1986), S. 769. – [11] Goldreich, P., Tremaine, S.: Nature 277 (1979), S. 97. – [12] Reichstein, M.: Astron. Raumf. 25 (1987), S. 5–12.

## Sonnenfleckenzahlen Mai/Juni 1987

Herausgegeben vom Sunspot Index Data Center,  
Brüssel und vom Arbeitskreis SONNE (AKS)  
des KB der DDR

| d      | Mai      |      | Juni     |      |
|--------|----------|------|----------|------|
|        | S.I.D.C. | AKS  | S.I.D.C. | AKS  |
| 1      | 35       | 41   | 15       | 18   |
| 2      | 40       | 38   | 11       | 12   |
| 3      | 22       | 35   | 0        | 0    |
| 4      | 23       | 34   | 0        | 0    |
| 5      | 22       | 35   | 10       | 0    |
| 6      | 27       | 38   | 0        | 0    |
| 7      | 29       | 41   | 0        | 0    |
| 8      | 25       | 32   | 0        | 0    |
| 9      | 23       | 28   | 0        | 0    |
| 10     | 25       | 31   | 0        | 0    |
| 11     | 23       | 33   | 11       | 12   |
| 12     | 19       | 28   | 21       | 26   |
| 13     | 22       | 28   | 14       | 15   |
| 14     | 13       | 13   | 10       | 12   |
| 15     | 35       | 35   | 9        | 0    |
| 16     | 47       | 57   | 12       | 13   |
| 17     | 64       | 78   | 15       | 15   |
| 18     | 46       | 67   | 24       | 25   |
| 19     | 62       | 71   | 13       | 16   |
| 20     | 46       | 47   | 22       | 25   |
| 21     | 41       | 53   | 29       | 36   |
| 22     | 35       | 54   | 38       | 46   |
| 23     | 36       | 37   | 38       | 44   |
| 24     | 35       | 34   | 38       | 40   |
| 25     | 37       | 42   | 38       | 45   |
| 26     | 34       | 38   | 41       | 50   |
| 27     | 31       | 38   | 33       | 41   |
| 28     | 19       | 24   | 41       | 47   |
| 29     | 12       | 17   | 25       | 33   |
| 30     | 12       | 14   | 16       | 12   |
| 31     | 10       | 12   |          |      |
| Mittel | 30,6     | 38,2 | 17,5     | 19,6 |

A. KOECKELNBERGH

H. ALBERT



## Satelliten-Datensammelsysteme

BERND SCHILDWACH

Die globale Betrachtung der Erde aus dem Kosmos bietet eine Reihe von Möglichkeiten für die Kommunikation der Menschen mittels Nachrichten- und Fernseh/Rundfunk-Satelliten, für Dienstleistungen mit meteorologischen Satelliten und Navigations-Satelliten oder für die weitere Erforschung der Erde und des erdnahen Raumes. Mittels Raketen, Satelliten, bemannten und unbemannten Raumstationen stehen Komplexe von technischen Möglichkeiten dafür zur Verfügung. Die globale Betrachtung der Erde aus dem Kosmos genügt bei ihrer Überwachung und bei ihrer Erforschung in den seltensten Fällen. Deshalb müssen die Daten aus diesen globalen Satelliteninformationen durch eine Reihe weiterer Informationen ergänzt werden, die direkt auf der Erde gewonnen werden. Die Wind- oder Strömungsrichtungen in ihrer Differenziertheit, das Temperaturprofil des Meeres, der Grad der Verunreinigung des Wassers und der Luft, die mineralische Zusammensetzung des Bodens, der Luftdruck, die Luftfeuchtigkeit und die Wasserstände lassen sich auf der Erde und nicht aus dem Kosmos ermitteln, um einige Beispiele zu nennen.

Die direkte Messung am Ort ist immer auf ein bestimmtes Objekt gerichtet, dessen Eigenschaften durch die verschiedenen Parameter bestimmt werden müssen. Diese Messungen können sich über ein begrenztes größeres Territorium erstrecken, wenn beispielsweise der Grad der Verunreinigungen in Industriegebieten oder die Reflexionen bei seismischen Verfahren zur Erkundung der Lage von Bodenschätzen gemessen werden sollen.

In vielen industriellen und wissenschaftlichen Arbeitsgebieten werden Datenerfassungsanlagen zur Unterstützung der Leitung von Industrieobjekten oder zur Rationalisierung der wissen-

schaftlichen Forschungstätigkeit eingesetzt. Diese Datenerfassungsanlagen sammeln automatisch die verschiedensten Meßgrößen und wandeln diese gemessenen Werte in elektrische Signale um, die eine leichte und sichere Übermittlung zu einer Zentralstation ermöglichen. Dort werden sie verarbeitet und ausgewertet. Diese Datenübertragung an die Zentralstation erfolgt bei lokalen Datenerfassungsanlagen über eine Drahtverbindung, sie kann aber auch über eine Funkverbindung erfolgen, wenn die Verlegung der notwendigen Drahtverbindungen unökonomisch oder technisch nicht realisierbar ist.

Die Satellitentechnik gestattet eine Erweiterung und Vervollkommen dieser terrestrischen Datenerfassungsanlagen. Mit Satelliten, die im geostationären Orbit positioniert werden oder im erdnahen Orbit die Erde umkreisen, lassen sich über Funkverbindungen die Daten von vielen dieser Anlagen einholen. Mit diesen Satelliten-Datensammelsystemen können einmal viele Daten unterhalb der Flugbahn des Satelliten gesammelt werden und zum anderen können diese gesammelten Daten nicht nur einer, sondern auch mehreren Bodenstationen übermittelt werden. Es ist möglich, sehr leistungsfähige Datenerfassungsanlagen zu bauen, die eine längerfristige automatische Arbeit ermöglichen und sehr widerstandsfähig gegenüber mechanischen und klimatischen Belastungen sind. Mit dem Bau dieser Datenerfassungsanlagen als kompakte Baugruppe und dem Einsatz in einem Satelliten-Datensammelsystem (SDS), werden diese erdgebundenen Anlagen als Datensammelplattform (DSP) bezeichnet. Von diesen Datensammelplattformen können Daten aus Gebieten der Erde gesammelt werden, die bisher nur ungenügend erforscht werden konnten, wenn ein längerfristiger Aufenthalt des Menschen nicht oder nur unter extremen Belastungen möglich ist. In diesem Fall müssen die DSP sehr kompakt und den örtlichen Bedingungen angepaßt aufgebaut und in einer Aussetzaktion auf der Erde plaziert werden. Dies kann dann beispielsweise als verankerte oder driftende Boje sowie als



**Tabelle 1:** Einige realisierte Satelliten-Datensammelsysteme

**Aufrufprinzip**

- OPLE, Omega Position Location Equipment, auf ATS-3
- IRLS, Interrogation, Recording and Location System, 1970/71
- Landsat 1 u. 2, 1972
- ROLE, 1977
- SSPI, 1979/80

**Zufallsprinzip**

- NIMBUS 6, 1975
- ARGOS seit 1979

Nutzenlast für einen Ballon erfolgen. Den Vorteil beim Einsatz dieser SDS nutzen viele kommerzielle und wissenschaftliche Institutionen. Viele Satelliten zur Fernerkundung der Erde bieten ihren Nutzern ein solches SDS zusätzlich zu den Anlagen mit den optischen und spektral-empfindlichen Sensoren. In der Tabelle 1 sind Satelliten aufgeführt, auf denen ein solches SDS installiert wurde. Es ist verständlich, daß sich der Aufbau eines SDS nur dann als notwendig und ökonomisch vertretbar erweist, wenn eine ausreichende Zahl von DSP beteiligt werden können. Das bedeutet, daß ein SDS einschließlich der DSP über Eigenschaften verfügen müssen, die vielen Anwendungen gerecht werden.

Die verschiedenen Nutzer stellen unterschiedliche Forderungen an die Qualität und Quantität der zu sammelnden Informationen. Beim Aufbau des SDS muß ein Optimum gefunden werden, mit dem man vielen Nutzern gerecht werden kann. Dabei spielen die Fragen des Raum- und Energiebedarfs, die Kommandierbarkeit der abgesetzten DSP und die Kontrolle des Gesamtsystems eine Rolle.

Es gelten z. B. als Merkmale für ein SDS:

- Parameter des Orbits
- Anzahl der beteiligten Satelliten
- Anzahl der einsetzbaren Datensammelplattformen (DSP)
- Maximal zu erfassende Informationsmenge pro DSP
- Häufigkeit der DSP-Abfrage durch den Satelliten

Bei der Nutzung eines SDS hat der Anwender die Möglichkeit, die DSP seinen Anforderungen anzupassen. Als Bindeglied zwischen den Sensoren und Gebern des Nutzers muß die DSP die Systemparameter berücksichtigen. Dazu zählen u. a. die Sendefrequenz und das Datenübergabe-Protokoll. Bei speziellen Einsatzbedingungen muß der Nutzer seine DSP unter Berücksichtigung der Systemparameter ohnehin selbst erstellen, wenn z. B. der Einsatz unter arktischen Bedingungen erfolgt. In der Regel können aber einzelne Bestandteile der DSP als Baugruppen zur Kom-

plettierung von einem Produzenten erworben werden.

Die verschiedenen Nutzer stellen unterschiedliche Forderungen an die Qualität und Quantität der zu sammelnden Informationen. Qualitätsmerkmale einer DSP sind:

- Zeitpunkt der Datenerfassung
  - Interface für Geber mit analogen oder digitalen Ausgangssignalen
  - sofortiges Aussenden der gesammelten Sensor-Information oder das Zwischenspeichern in der DSP
  - Programmierbarkeit des Datenerfassungszeitpunktes
- Quantitätsmerkmale stellen dar:
- Anzahl der vorhandenen Meßkanäle
  - Kapazität des Datenspeichers
  - Energiebedarf der DSP
  - Anzahl der möglichen Datentübertragungen pro Zeiteinheit an den Satelliten

Bei der Realisierung eines SDS können zwei Prinzipien angewendet werden:

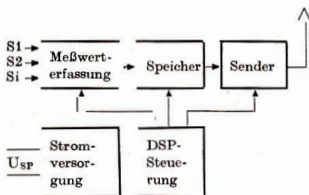
1. Das Zufallsprinzip (random-access-system)
2. Das Aufrufprinzip (shake-hand-system)

Diese Prinzipien unterscheiden sich in der Konzeption der Signalverbindungen zwischen dem Satelliten und der DSP, was letztlich Konsequenzen für den gerätechischen Aufbau des Satelliten und der DSP hat.

**Das Zufallsprinzip**

Zur Realisierung dieses Prinzips senden die DSPen die gesammelten Informationen zu einem definierten Zeitpunkt aus, der vor dem Aussetzen der Plattformen als Systemparameter festgelegt wurde. Dabei erfolgt das Aussenden unabhängig davon, ob sich der Satellit im Funksichtbereich der DSP befindet. Da die Funksicht beim Überflug des Satelliten nur eine kurze Zeit besteht, muß die Häufigkeit der Datenabgabe an den Satelliten so gewählt werden, daß in der Zeit für diese Funksicht auch ein Funkkontakt zustande kommen kann. Es hängt von der Anzahl der eingesetzten Satelliten, von deren Bahnparametern ab, wie oft die Daten der DSP pro Zeiteinheit empfangen werden können. Die Datenabgabe muß im Verhältnis zur Zeit für einen möglichen Funkkontakt in einer kurzen Zeit erfolgen, damit in einem lokalen Gebiet mehrere DSPen eingesetzt werden können. Das bedeutet u. a., daß die in der DSP vorhandene Uhr eine hohe Genauigkeit besitzen muß, um über einen längeren Zeitraum eine zeitlich gestaffelte Datenabgabe von den in einem lokalen Gebiet stationierten DSPen zu gewährleisten, wenn alle auf derselben Sendefrequenz arbeiten.





**Abb. 1.: Datensammelplattform eines Zufalls-SDS.**

Da bei diesem SDS-Prinzip nur eine Kommunikation von der DSP zum Satelliten notwendig ist, lassen sich die DSPen technisch relativ einfach realisieren, d. h., auch der Kostenaufwand pro DSP ist gering. Der Aufbau einer solchen DSP ist in Abb. 1 zu sehen. Als eine der technischen Realisierungen dieses Prinzips ist das von der französischen Raumfahrtorganisation CNES aufgebaute System ARGOS zu nennen.

## Das Aufrufprinzip

Während das Zufallsprinzip nur einen Datenverkehr von einer DSP in Richtung des Satelliten ermöglicht, kann mit dem Aufrufprinzip ein Dialog DSP-Satellit und Satellit-DSP realisiert werden. Der Einsatz dieses Prinzips wird immer dann notwendig, wenn die DSP von der Bodenstation nach dem Aussetzen kommandiert werden soll. Mit dieser Kommandierung kann operativ das Meßwerterfassungssystem programmiert werden oder Sensoren ein- und ausgeschaltet werden. Der Aufruf einer DSP wird einmal aus ihren spezifischen Aufgaben, die auch im Satelliten fixiert sind und aus operativen Notwendigkeiten, die von den DSP-Nutzern an die Bodenstation herangetragen werden, abgeleitet.

Für die Realisierung dieses Prinzips werden somit neben den in Abb. 1 gezeigten Baugruppen noch ein Empfänger in der DSP und ein Sender im Satelliten benötigt (s. a. Abb. 2). Damit steigen die Kosten für die Erstellung der DSP und des gesamten Systems (SDS).

Die Einleitung der Datenabgabe der DSP an den Satelliten erfolgt durch das Aufrufen der gewünschten DSP-Adresse. Dies ist allerdings nur dann erfolgreich, wenn sich die DSP im Funksichtbereich des Satelliten befindet. Aus der Antwort des DSP an den Satelliten kann an Bord des Satelliten der Kommunikationsweg DSP-Satellit gemessen werden, d. h. es wird das

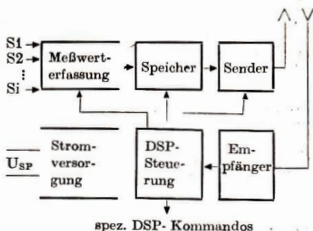


Abb. 2.: Datensammelplattform eines Aufruf-SDS.

Signal-Rausch-Verhältnis vermessen. Aus diesem Verhältnis kann eine Voraussage über die Qualität der Funkverbindung getroffen werden. Da jede DSP mit ihrer Adresse definiert auferufen werden kann, ist die Stationierung einer großen Zahl von solchen Plattformen in einem lokalen Gebiet möglich.

Das auf den Interkosmos-Satelliten IK 20 und IK 21 installierte SDS vom Typ „SSPI“ arbeitete nach diesem Aufrufprinzip.

### Die Lokalisierung der DSP

Neben der Sammlung von Daten auf der Erde und der Sammlung dieser Daten der DSP durch den Satelliten des SDS, ergibt sich auch die Möglichkeit, eine Ortsbestimmung der DSP vornehmen zu können. Wenn letztlich über das Arbeitsprinzip eines SDS entschieden wird, so spielt auch die geforderte Genauigkeit für diese Ortung eine Rolle.

Beim Zufallsprinzip läßt sich die Lokalisierung über ein Einweg-Ordnungsverfahren (DSP-Satellit) über die Messung der Dopplerverschiebung einer von der DSP ausgestrahlten Meßfrequenz beim An- und Abflug des Satelliten von der DSP bestimmen. Da die Bahnparameter des Satelliten bekannt sind, kann aus der im Satelliten gemessenen Frequenzabweichung von der Normfrequenz die Ortung des DSP erfolgen.

Dieses Ortungsverfahren läßt sich auch beim Aufrufprinzip realisieren. Da aber bei diesem Prinzip auch die Übertragungsstrecke zwischen dem Satelliten und der DSP vorhanden ist, kann ein Zweigweg-Ortungsverfahren angewendet werden. Dabei werden vom Satelliten Meßsignale ausgesendet, die von der DSP empfangen und auf einer anderen Frequenz an den Satelliten zurückgesendet werden. Aus dem Signal- und Phasenvergleich zwischen den ausgesendeten und empfangenen Signalen kann die Lauf-

Zum Beitrag S. 142:  
Satelliten-Datensammel-  
systeme.

Abb. 3: Baugruppen  
einer Datensammelplatt-  
form im System SSPI.

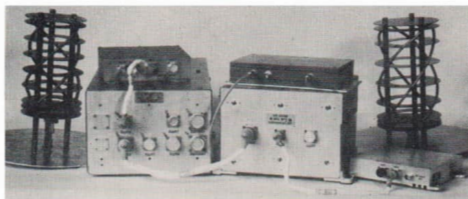


Abb. 4: SSPI-DSP in  
einem speziellen Mon-  
tagerahmen

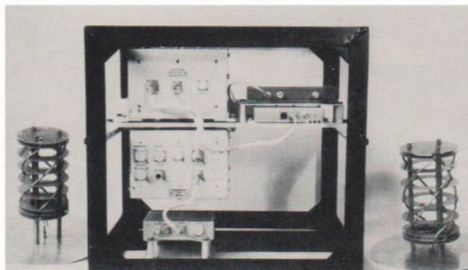


Abb. 5. u. 6.: Aussetzen spezieller Meßbojen für hydrologische Forschungen mit dem SDS vom  
Typ SSPI.





„Das schöne Amateurfoto“ aus der Volkssternwarte Drebach vom 1. Feb. 1987. Aufgenommen wurde das Sternbild Zwillinge mit dem Sternhaufen M 35 mit einer Astrokamera 56/250 mm und dem Refr. 110/1650 mm als Leitrohr auf ZU 21-Platte; Belichtung: 22<sup>h</sup> 30<sup>min</sup> bis 23<sup>h</sup> 30<sup>min</sup> (= 60 min).



### Nachthimmel über dem Lausche-Gipfel 793 m über NN.

Zum fünften Male fand im Sommer 1986 ein Perseidenbeobachtungslager auf dem höchsten Berg des Zittauer Gebirges statt. Beteiligt waren 18 Sternfreunde der Arbeitsgruppe Meteore der Volkssternwarte Radebeul und des Kosmonautenzentrums Karl-Marx-Stadt. In der Zeit vom 26. 7. bis 16. 8. wurden 4377 Meteore visuell gesichtet, 16 davon auch fotografisch erfaßt.

Obige Aufnahme mit einer Praktica nova und Flektogon 2,8/20 auf ORWO NP 27 wurde 21 min lang zu mitternächtlicher Stunde belichtet. Unsicher sind die Sterne des Großen Wagens zu erkennen. Die vordergründige Landschaft wurde durch eine rote Markierungs Lampe auf einem 30 m entfernten Fernsehkanalumsetzer beleuchtet und demonstriert die Rotempfindlichkeit des verwendeten Filmmaterials. – Foto: Th. Schreyer, Volkssternwarte „A. Diesterweg“ Radebeul, 8122.





## Leserbrief aus Bulgarien

Verehrte Redaktion der AuR!

Euch schreiben zwei 17-jährige Amateurastronomen aus Bulgarien. Wir versuchten, wie viele andere auch, Fotografien von der Mondfinsternis am 17. 10. 1986 zu machen. Wir fotografierten den Mond in Farbe und in Schwarz/weiß. Die Farbaufnahmen entstanden mit einer Kleinbildkamera und Teleobjektiv 4,5/400 auf Farbfilm „Fuji color“ HR 400/27°. Leider schafften wir es nur, die erste Phase der Finsternis zu beobachten, da sich das Wetter zunehmend verschlechterte. Mit den Farbaufnahmen kann man den Lauf des Erdschattens auf der Mondoberfläche verfolgen. ... (Es folgen die foto-technischen Angaben zu den Farbaufnahmen, die wir nicht veröffentlichen können. Die Red.) ... Uns erstaunte, daß zu Beginn die volle Ansicht des Mondes durch den Erdschatten eine braune Farbe annahm, die in braunrote und gelbe Nuancen überging.

Wir versuchten auch eine Trickaufnahme, auf welcher das Licht des Mondes in seine einzelnen Bestandteile zerlegt wurde. Dies macht ein Filter, dessen besondere Eigenschaft das Aufspalten der Farben ist. Trotz nicht so guter Qualität des Tricks erhoffen wir irgendwelchen Wert der Aufnahmen. (Das Foto liegt uns vor. Die Red.)

Die Schwarz/weiß-Aufnahmen wurden mit Hilfe eines Teleobjektivs 60/1800 und eines Fotoapparates ZENIT auf 27 Din-Film aufgenommen. Mit diesen Aufnahmen zeigen wir die Phasen der Finsternis. Gemeinsam damit schicken wir Euch auch zwei Fotografien des Mondes von unserem selbstgebauten Teleskop. Außerdem machten wir Fotos von Phasenbeobachtungen der Venus und der Sonnenflecken. Am 13. 11. 1986 gelang uns die Beobachtung und das Fotografieren des Merkurdurchgangs vor der Sonnenscheibe. – Wir erhalten schon einige Jahre regelmäßig die von Euch herausgegebene Zeitschrift, die für Liebhaber wie uns ist. Wir achten sie zutiefst.

Leider mangelt es in unserer Stadt an der Entwicklung der Amateurastronomie und einer Zeitschrift wie der AuR. – Wir äußern die Hoffnung, daß unsere Fotografien irgendeinen von Euch interessieren werden.

Mit tiefer Hochachtung:

28. 1. 1987 ALEKSANDER MITEW,  
DIMITER IWANOW  
Volkarepublik Bulgarien  
gr. Burgas – 8000  
k-s „Slawejkow“  
bl. 59; wch. 3; Nr. 104

(Die Aufnahmen stehen Interessenten zur Verfügung.)

zeit und damit die Entfernung des Satelliten von der DSP bestimmt werden.

Als Beispiel für ein Ortungssystem kann das mit Kosmos 1383 gestartete System KOSPAS genannt werden. Mit diesem System ist eine Ortungsgenauigkeit von  $\pm 5$  km möglich und es arbeitet nach dem Einweg-Ortungsverfahren. Mit dem französischen System EOLE, das über ein Zweiweg-Ortungsverfahren verfügte, ließen sich Genauigkeiten bis  $\pm 1$  km erreichen.

Das genannte sowjetische System KOSPAS dient zur Suche nach havarierten Schiffen und Flugzeugen. Bei diesem System handelt es sich um ein internationales Projekt, das in Zusammenarbeit zwischen der UdSSR, den USA, Frankreich und Kanada entstand. Es wird alternierend durch die UdSSR und den USA, dann allerdings unter der Bezeichnung SARSAT, gestartet. Dieses System KOSPAS/SARSAT hat nachweislich bei der Rettung von mehreren hundert Menschen beigetragen. Technisch einfach konstruierte Notrufsender senden im Fall einer Havarie von Flugzeugen oder Schiffen Notsignale in den Weltraum, die dort von Satelliten des Systems empfangen werden und es kann eine Positionsbestimmung des Notrufsenders erfolgen. Bei einer Übung zur Rettung von Menschenleben konnte mittels dieses Systems eine Hilfe innerhalb von fünf Stunden erfolgen.

Eine andere Anwendung eines solchen Datensammelsystems ist als Tsunami-Warnsystem bekannt. Bei Vulkanausbrüchen am Meeresboden, durch Seebeben und gewaltigen Erdbeben an den Hängen der Tiefseegräben können riesige Wellen entstehen, die in den Uferbereichen große Energie freisetzen. Die Wellenkämme können bei einem solchen Tsunami 150 km bis 300 km voneinander entfernt sein und eine Höhe von 30 m erreichen, sind aber durch relativ einfache Messungen vom Schiff aus nicht erfassbar. Mittels Funkbojen mit hydrophysikalischen Spezialgeräten werden in der UdSSR im Institut für Meeresgeologie und Geophysik im Ochotskischen Meer und im Pazifik Daten gesammelt und rechnergestützt ausgewertet. Bis 1990 soll damit ein lückenloses Warnnetz für den gesamten Fernen Osten der UdSSR geschaffen werden.

Bedeutung besitzen diese Datensammelsysteme aber nicht nur in naturwissenschaftlichen Bereichen, sondern werden im großen Umfang auch in militärischen Bereichen genutzt. Eines der größten Projekte im C<sup>3</sup>I-Programm der USA zur Gewährleistung der nachrichtentechnischen Verbindungen der zu verwirklichenden SDI-Aufgaben stellt das militärische Satelliten-Projekt MILSTAR dar. (C<sup>3</sup>I: Command Control Communication Intelligence) In diesem

System stellen die DSPen abgesetzte Kommando-, bzw. Kontrollpunkte (MILSTAR-Terminals) dar. Mit ca. 4000 dieser Terminals im Bereich der Seestreitkräfte, ca. 2000 Terminals im Bereich der Landstreitkräfte und mit ca. 1870 Terminals im Bereich der Luftstreitkräfte ist dieses System eines der größten geplanten Satelliten-Datensammelsysteme; leider allerdings mit militärischer Nutzung.

## Datensammelsystem „SSPI“

Im Rahmen des Forschungsprogramms INTER-KOSMOS wurde in den Jahren 1979/80 ein experimentelles Satelliten-Datensammelsystem durch die UdSSR, die UVR und die DDR geschaffen, das auf den Interkosmos-Satelliten IK 20 und IK 21 unter der Bezeichnung „SSPI“ erprobt wurde. Dieses System arbeitete nach dem Aufrufprinzip. Von dem orbitierenden Satelliten (z. B. IK 20: 523 km, 467 km, 74°) wurde gesichert, daß die beteiligten Datensammelplattformen einmal in 24 Stunden aufgerufen wurden, um ihre Daten in der Bord-speicher zu übernehmen. Im Satelliten war ein „Notizbuch“ vorhanden, in das interne Daten und die Adressen der bereits aufgerufenen DSPen eingetragen wurden. Dieses experimentelle System arbeitete mit 16 DSPen, deren vom Satelliten eingeholte Daten an Bord 24 Stunden gespeichert werden konnten, um sie in dieser Zeit der Bodenstation zu übergeben. Da das Aufrufprinzip auch die Kommunikationsstrecke Bodenstation-Satellit-DSP besitzt, konnte über ein spezielles Steuerwort mit 64 variablen Kommandos die DSP operativ programmiert werden. Damit war es möglich, Parameteränderungen, die die Datenerfassung in der DSP oder die Sensoren betrafen, nach dem Aussetzen einer DSP vorzunehmen.

Für die Datenerfassung wurden drei DSP-Moden unterschieden, die vor dem Aussetzen eingestellt wurden, bzw. über das spezielle Steuerwort verändert werden konnten.

### Mode A:

– automatische Meßwerterfassung von 30 analogen Meßkanälen sowie eines 9-Bit-Digitalwortes in einem stündlichen Erfassungsmodus

### Mode B:

– automatische Meßwerterfassung von 14 analogen Meßkanälen und einem 9-Bit-Digitalwort in einem halbstündigen Erfassungsmodus

### Mode C:

– Meßwerterfassung von 9-Bit-Digitalwörtern durch ein externes Übernahme-signal mit einer maximalen Eingabrate von 5 kHz.

Die gesammelten Meßwerte wurden in einer Steuer-Baugruppe mit internen DSP-Daten (z. B. Uhrzeit der Meßwerterfassung) ergänzt und in einem Meßwertspeicher abgelegt. Dieser Meßwertspeicher war in der Lage, die Daten in allen drei Arbeitsmoden über den Zeitraum von 32 Stunden zu speichern, ohne daß sie durch neue Meßwerte überschrieben wurden. Beim Aussenden der Daten an den Satelliten wurden nochmals aktuelle interne DSP-Daten zugefügt, die zur Erleichterung der Systemsteuerung und zur Erleichterung der Datenauswertung bei den DSP-Nutzern dienten. Das Datensammlersystem „SSPI“ besaß auch die Möglichkeit der funktionsweisen Vermessung der aufgerufenen DSP. Es wurde dabei die erste Antwort der aufgerufenen DSP im Satelliten analysiert und vom Ergebnis einer Signal-Rausch-Verhältnis-Messung die weitere Kommunikation mit dieser DSP abhängig gemacht. Damit konnte gesichert werden, daß die Datenübergabe an den Satelliten ohne großen Aufwand zur Fehlererkennung und Fehlerkorrektur erfolgte. Parallel dazu war während des An- und Abfluges auch die Lokalisierung der DSP möglich. Die DSP bestand aus mehreren Baugruppen (s. a. Abb. 2):

- Akkumulator
- Stromversorgungsblock
- Steuerblock (Datenerfassung, DSP-Uhr, Datenspeicher)
- Empfänger
- Empfangsantenne
- Sender
- Sendeantenne

Die Einsätze der Datensammelplattformen im Hohen Norden der UdSSR, auf Schiffen und auf driftenden sowie auf verankerten Bojen im Meer, zeigten die Zuverlässigkeit des konstruktiven Aufbaus einer DSP. Die Abb. 2 und 3 zeigen anschaulich die konstruktiven Aufbauten von driftenden und verankerten Bojen, die zur Erforschung der Meere von sowjetischen Akademie-Instituten eingesetzt werden. In Abb. 4 ist eine solche DSP in einem speziellen Transport- und Montagerahmen aufgebaut, in dem beispielsweise bei einem arktischen Einsatz auch ein Thermalgenerator zur Erzeugung der Speisepannung und zur Aufrechterhaltung der Betriebstemperatur Platz findet. In diesem Fall wird die DSP mit einem entsprechenden Isoliermaterial ummantelt.

Lit.: [1] Schildwach, Bernd: Aufbau und Wirkungsweise von Datensammlersystem, radio fernsehen elektronik 29 (1980) 4, S. 207. – [2] Milstar satellite project under watchful eye. Defense Electronics, USA, California, Palo Alto Juni 1986, S. 64.

## Dr. Paul Ahnert zum 90. Geburtstag

Sicher gibt es keinen Amateurastronomen und keinen Berufsastronomen, der den Namen „Ahnert“ nicht kennt. Das gilt gleichermaßen für alle Berufs- wie Amateurastronomen im deutschsprachigen Raum. Jeder, der sich mit der beobachtenden Astronomie beschäftigt, greift automatisch zum „Ahnert“ und bereits ab September jeden Jahres warten alle auf den neuen „Kalender für Sternfreunde“. Mit diesem „Kleinen astronomischen Jahrbuch“ hat sich Dr. Ahnert seit nunmehr drei Jahrzehnten für die beobachtenden Astronomen unentbehrlich gemacht. Ich erinnere mich noch an die mehr als 250 „Himmelsbilder“, die ich für die Zeitschrift „Urania“ geschrieben habe. Eine sichere Informationsquelle für mich war stets der „Kalender für Sternfreunde“, und ich hatte meine Schwierigkeiten, wenn der „Ahnert“ nicht rechtzeitig kam. Und noch in diesen Tagen arbeitet der Jubilar an diesem, seinem „Kind“. So traf ihn bei einem Besuch unser Verantwortlicher Redakteur – rauchend, wie sich das für ihn gehört – hinter zwei Taschenrechnern bei der Vorbereitungsarbeit an Teilen eines weiteren Folgekalenders. Und hinter dem Haus, im Garten, wartete der Refraktor einsatzbereit auf die nächste Sonnenbeobachtung.

Für die Amateurastronomen ist das „Kleine astronomische Jahrbuch“ aber nicht nur für die Vorbereitung und Durchführung von Beobachtungen wichtig, es ist auch Quelle der Weiterbildung, denn der Textteil enthält viele aktuelle Forschungsergebnisse und interessante Übersichtsartikel.

Nicht nur mit dieser Publikation ist Dr. Ahnert seit Jahren bekannt. Hinzu kommen seine Bücher, die Anleitungen zum Beobachten sind und sich ebenfalls weiter Verbreitung erfreuen. Hinzu kommen weiter seine umfangreichen und vielseitigen wissenschaftlichen Forschungsergebnisse, die auf der Grundlage exakter, oft langer Beobachtungsreihen entstanden sind. Der Name „Ahnert“ und die astronomische Beobachtung – beide gehören untrennbar zusammen.

Die Redaktion und alle Leser unserer Zeitschrift möchten Ihnen, lieber Herr Dr. Ahnert, zu Ihrem 90. Geburtstag herzlich gratulieren. Wir wünschen Ihnen noch viel Freude an all dem, was Sie so erfolgreich begannen, was Sie leisteten und sich jetzt noch vornehmen zu vollenden; Freude aber auch an dem, was Jüngere nun in Ihrem Sinne fortführen. Möge manches vom Letzteren auf Ihrem Geburtstagstisch liegen.

Prof. Dr. Siegfried Marx

Chefredakteur



# Das Fernrohr des Sternfreundes

## – Spiegelfernrohre I –

HERBERT SCHOLZE

Auf dem Gebiet der professionellen Astronomie dominiert seit Beginn dieses Jahrhunderts eindeutig das Spiegelteleskop. Es gibt kein Fernrohr mit einem Öffnungsdurchmesser über ca. 1 m, welches nicht als Objektiv mit einem Spiegel ausgerüstet wäre. Auch beim Sternfreund ist die Beliebtheit dieses Instrumententyps in seiner Vielfalt von Varianten unstrittig im Steigen begriffen. Das liegt nicht nur daran, daß selbst respektable Spiegel für einen durchaus erschwinglichen Betrag käuflich sind (Zeiss-Industrielladen Berlin oder Fa. M. Großmann, ehemals Wilke in 1542 Falkensee-Finkenkrug), sondern auch an der Möglichkeit, Spiegel bis 15 cm oder gar 50 cm Durchmesser nach ausgezeichneten, auch in DDR-Bibliotheken greifbaren Anleitungen selbst schleifen zu können. In unserer Artikelreihe sollen die gebräuchlichsten und einige selteneren, aber interessante Spiegelanordnungen für den visuellen bzw. für den vorwiegend visuellen Gebrauch vorgestellt und in ihren optischen Grundlagen erläutert werden. Rein astrophotografischen Anordnungen (z. B. Schmidt-Spiegel) ist eine gesonderte Beschreibung vorbehalten.

## Der Hauptspiegel

Der Hauptspiegel eines jeden modernen Spiegelfernrohres besteht aus drei Komponenten: Spiegelträger, Verspiegelungs- und Schutzschicht.

An das Material des Spiegelträgers werden eine Vielzahl von Anforderungen gestellt, beginnend bei Spannungsfreiheit, Homogenität, Bearbeitbarkeit, Festigkeit bis zu der sehr wichtigen (möglichst geringen) Veränderung unter thermischen Einflüssen.

Während seit Mitte des vorigen Jahrhunderts als Spiegelträger übliches Kronglas eingesetzt wurde, traten ab 1930 Gläser aus Silizium- und Boroxiden, die sog. Borosilikatgläser (Handelsname u. a. Pyrex, Duran) hinzu. Ab 1960 wurde die Technologie der Herstellung großer Spiegelträger aus Quarzglas beherrscht, das jedoch auf Grund seines hohen Preises beim Sternfreund nur vereinzelt Eingang fand. In neuester Zeit gab es einen fast revolutionär zur nennenden Umschwung auf diesem Gebiet: die Anwendung thermisch fast unbeeinflussbarer sog. Glaskeramik-Werkstoffe. Dies sind anorganische, nichtmetallische Werkstoffe, die nach komplizierter Wärmebehandlung aus Kristallen und einer Rest-glasphase bestehen. Sie sind unter den Handelsnamen Sital, Cervit, Zerodur u. a. bekannt geworden. Für Amateurbedürfnisse werden jedoch nach wie vor Spiegelträger aus Kron- oder Borosilikatgläsern bevorzugt angewandt. Sollten jedoch Glaskeramiken in verstärktem Maße in der Amateurastronomie Einzug halten (der neue Meniscas 180 von Zeiss hat bereits einen Sital-Spiegel!), so gehört die dem Spiegelteleskop oft nachgesagte Temperaturrempfindlichkeit der Vergangenheit an.

In Tabelle 1 sind die Wärmeausdehnungszahlen der genannten Werkstoffe aufgeführt.

Um mechanische Verformungen des Spiegelträgers (der mit einer Flächengenauigkeit von ca. 1/8 bis 1/104 gefertigt werden muß) zu unterbinden, sollte das Verhältnis Spiegeldurchmesser/-dicke im Bereich 5 bis 8 liegen. Der eigentliche Spiegel wird von einer hauchdünnen Metallschicht gebildet, die früher aus chemisch niedergeschlagenem Silber bestand und derzeit fast immer aus im Vakuum aufgedampftem Aluminium hergestellt wird. Die Silberschicht hat zwei Nachteile, einmal ihre Unbeständigkeit gegenüber Schwefelverbindungen in

Tabelle 1: Wärmeausdehnungszahlen von Spiegelträgerwerkstoffen

|                 |  |
|-----------------|--|
| Kronglas        | $75 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$        |
| Borosilikatglas | $32 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$        |
| Quarzglas       | $6 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$         |
| Glaskeramik     | $0 \pm 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ |

der Industriatmosphäre, zum anderen ein sehr schlechtes Reflexionsvermögen im ultravioletten Spektralbereich. Während letzteres für den Sternfreund kaum störend ist, ergibt sich aus ersterem die unangenehme Notwendigkeit, in bestimmten Fristen den Spiegelträger neu verspiegeln zu lassen. Das Reflexionsvermögen einer frischen Silberschicht kann im sichtbaren Farbbereich mit 90–96 %, das einer Alu-Schicht mit 87 bis 90 % [1] angenommen werden. Auf der Spiegelschicht aus Aluminium bildet sich im Laufe der Zeit eine sehr dünne aber widerstandsfähige natürliche Oxidschicht, die den Spiegel schützt. Häufig werden aber zusätzliche Schutzschichten aus Quarz oder anderen Verbindungen aufgedampft, um die Reflexionsfähigkeit des Spiegelbelages langfristig zu garantieren.

## Das Spiegelteleskop nach Newton

Die einfachste optische Anordnung für ein Spiegelteleskop wurde von Isaac Newton angegeben. Sie erfreut sich bei Sternfreunden infolge des problemlosen Aufbaus, der einfachen Justierung und des relativ geringen Preises großer Beliebtheit. Da dieser Typ als fertiges Instrument in der DDR nicht industriell hergestellt wird, muß die notwendige Rohmontierung in jedem Fall im Selbstbau entstehen.

Beim Newton-Teleskop werden die vom Hauptspiegel gesammelten und reflektierten Lichtstrahlen durch einen kurz vor der Brennebene liegenden, meist gegenüber der optischen Achse um 45° geneigten, ebenen Fangspiegel zu dem an der Rohrwand seitlich angebrachten Okularstrutzen abgelenkt. Hier kann das entstehende Bild bequem mit dem Okular betrachtet werden.

Sternfreunde bevorzugen Öffnungszahlen des Hauptspiegels im Bereich von  $f = 6 \dots 10$ . Das Instrument bleibt dann noch verhältnismäßig groß und handlich und bei den üblichen Spiegeldurchmessern von 10 cm bis 25 cm bedingt transportabel.

Hinsichtlich der Bildfehler ist das Newton-Teleskop zwar frei von allen Farbfehlern; leidet aber – sofern ein Kugelspiegel als Hauptspiegel verwendet wird – unter allen monochromatischen Bildfehlern. Der für den visuellen Gebrauch störendste, die sphärische Aberration, läßt sich beseitigen, wenn die Spiegelfläche die Form eines Rotationsparaboloids erhält. Die Technologie der Herstellung und Prüfung wird beherrscht und ist selbst durch den Amateur mit einiger Geduld erlernbar. Ist auf diesem Wege die sphärische Aberration beseitigt, ist der alles beherrschende Bildfehler die außeraxiale Koma. Diese bleibt für einen Seheldradius von

$$y' \approx -10^{-3} \text{ cm } k^2 \quad (1)$$

innerhalb des entsprechenden Beugungskriteriums, ist also für den visuellen Gebrauch innerhalb dieses Seheldes nicht störend [2]. Außerhalb des so bestimmten Seheldes treten mit störender Koma behaftete Sternabbildungen auf, die schließlich infolge zusätzlicher Bildfeldwölbung in „zweistrahlig“e Aberrationsfiguren übergehen.

Bemerkt sei noch, daß die sphärische Aberration, auch Öffnungsfehler genannt, bei einem kugelförmigen Hauptspiegel nicht mehr störend für den visuellen Gebrauch in Erscheinung tritt, wenn die Bedingung

$$k \geq 3,4 D^{1/3} \quad (D \text{ in cm}) \quad (2)$$

eingehalten wird. In diesem Fall kann auf das Paraboli-



sieren des Hauptspiegels verzichtet werden [2]. Die bei einem Kugelspiegel auftretenden außeraxialen Bildfehler (Koma, Astigmatismus usw.) sind jedoch stets von gleicher Größe wie bei einem Parabolspiegel.

Der schon erwähnte Fangspiegel trägt als ebener Oberflächenspiegel nicht zur Bilderzeugung bei und führt deshalb auch keine zusätzlichen Bildfehler ein, solange er die erforderliche hohe Güte einer Planfläche besitzt. Gegen diese Bedingung wird erfahrungsgemäß oft verstoßen und damit die gute Qualität des Hauptspiegels zunichte gemacht. Der Fangspiegel sollte keine größere Abweichung als  $\lambda/8$  gegenüber einer idealen Ebene besitzen (besonders, wenn der Hauptspiegel eine kleine Öffnungszahl hat). Seine Dicke sollte  $1/6$  des Durchmessers nicht unterschreiten. Eine evtl. vorhandene „Krümmung“ seiner Fläche vom Radius  $R$  erzeugt auf der Achse einen Astigmatismus der proportional dem Quadrat des Abstandes Fangspiegel-Brennebene und umgekehrt proportional dem Radius  $R$  und der Öffnungszahl  $k$  ist. Infolge seiner  $45^\circ$ -Stellung gegenüber der optischen Achse des Teleskops erhält der Fangspiegel eine ovale Außenform, sodaß er in Richtung der optischen Achse betrachtet kreisförmig erscheint. Seine Stellung mitten im Strahlengang führt zu einem, auf den ersten Blick meist überbewerteten Lichtverlust von ca. 0,1 Größenklassen und, sofern seine kleine Achse wesentlich größer als die üblichen 20 % des Hauptspiegeldurchmessers ist, zu merkbareren Veränderungen im Beugungsbild, die kontrastmindernd wirken und damit die Abbildungsleistung herabsetzen. Die Bedenken, daß ein Fangspiegel von 20 % des Hauptspiegeldurchmessers bei den üblichen relativen Öffnungen das Gesichtsfeld langbrennweitiger Okulare nicht genügend abschattungsfrei ausleuchtet sind, wie eine maßstäbliche Zeichnung des Strahlenganges schnell zeigt, oft unbegründet. So ergeben sich für einen Newton von 15 cm Öffnung bei  $k = 8$  mit Fangspiegelachse von 20 % (3 cm) und einem Brennebenenabstand der Fangspiegelmitte von 20 cm folgende Verhältnisse [3]:

Ein Sehfeld-Durchmesser von 6 mm wird völlig abschattungsfrei ausgeleuchtet, am Rand eines Feldes von 36 mm Durchmesser ist noch knapp 50 % der Mittenhelligkeit (das entspricht einem Verlust von 0,8 Größenklassen) vorhanden und erst bei Felddurchmesser von 66 mm ist die Helligkeit auf Null abgesunken. Das sind für fast alle Beobachtungen des Sternfeldes durchaus akzeptable Bedingungen. Nur bei visueller Schätzung von Veränderungen (die zwar immer in Feldmitte vorgekommen werden sollen) stört der Verlust und eine über das übliche Maß hinausgehende Fangspiegelgröße kann notwendig werden. Gleiches gilt, wenn das Instrument eine größere relative Öffnung als üblich aufweist. Perfektionisten arbeiten deshalb manchmal mit auswechselbaren Fangspiegeln.

Extrem kleine Fangspiegel sind verwendbar, wenn diese in der unmittelbaren Nähe der Brennebene des Hauptspiegels angeordnet werden. Allerdings ist dann das Brennpunktbild mit einem zwischengeschalteten positiven Linsensystem in der Okularebene abzubilden. Ob der damit erreichte Vorteil nicht durch die zweifellos vorhandenen Nachteile einer zusätzlichen Zwischenabbildung zunichte gemacht wird, bleibe dahingestellt. Anstelle des Linsensystems ist auch schon die Verwendung eines kleinen elliptischen Hilfsspiegels zur zusätzlichen Zwischenabbildung vorgeschlagen worden (System nach Selby).

Die oft empfohlene Verwendung der einfacher beschaffbaren rechteckigen Prismen als „Fangspiegel“ ist nicht ganz unproblematisch. Zum einen sind Ebenheitsforderungen an alle drei Prismenflächen zu stellen (sofern man die Hypothenusenflächen nicht einfach als Oberflächenspiegel nutzt). Inhomogenitäten des Glases können merkbar werden, die Lichtverluste sind größer und die Prismen wirken im konvergenten Strahlengang wie dicke Planglasplatten. Damit werden, besonders bei gro-

ßer relativer Öffnung des Instrumentes, zusätzliche Bildfehler eingeführt, also Vorsicht!

Natürlich muß der Fangspiegel in geeigneter Weise justierbar und während der Nutzung unveränderlich im Strahlengang befestigt werden. Dies geschieht üblicherweise mit dünnen Streben oder Drähten, damit die zusätzlich hervorgerufenen Beugungserscheinungen möglichst wenig stören. Da jede Strebe zwei gegenüberliegende „Beugungsstrahlen“ erzeugt, erhält man mit drei Streben sechs Strahlen, mit vier Streben aber nur vier Strahlen, da ja die einander gegenüberliegenden gegenseitig zur Deckung kommen. Es werden also vorteilhafterweise vier Streben zur Fangspiegelaufhängung benutzt, wenn nicht überhaupt eine einseitige Befestigung mit nur einem allerdings stärkeren Befestigungselement vorgezogen wird.

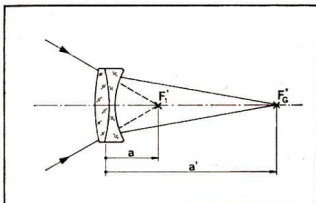
Versuche mit bogenförmigen Streben oder mit zusätzlicher Profilierung der Streben sind wohl mehr von theoretischem Interesse als von praktischer Bedeutung [4]. Die eleganteste Lösung, die gleichzeitig die Luftturbulenzen im sonst offenen Rohrtubus unterdrückt, ist sicher eine Planglasplatte als Fangspiegeltträger. Leider sind solche Platten aus optischem Glas in der erforderlichen Größe und Güte kaum erhältlich und wenn, dann muß tief in die Geldbörse gegriffen werden.

### Die Barlow-Linse

Ein häufig benutztes Hilfsmittel, um die unbequeme Verwendung kurzbreitender Okulare am Newton-Teleskop, aber auch am kurzbreitenden Linsenfernrohr, zu umgehen und trotzdem die für bestimmte Arbeitsgebiete erwünschte hohe Vergrößerung zu erhalten, ist das Einfügen einer Zerstreuungslinse zwischen Fangspiegel und Okular oder evtl. gar zwischen Fangspiegel und Hauptspiegel [5]. In letzterem Fall kann dadurch oft sogar der Fangspiegel verkleinert werden. Die durch die Barlow-Linse erreichte Brennweitenverlängerung ist ohne Vergrößerung wesentlicher Baumaße möglich. Sie ist schon seit ca. 1820 bekannt. Die Barlow-Linse hat ihren Namen aus dieser Zeit nach dem englischen Physiker Peter Barlow. Eine einfache Linse negativer Brennweite kann nur für eine geringe Verlängerung der Brennweite genutzt werden (bis ca.  $1,7\times$ ). Sie führt natürlich gewisse Farbfehler ein. Besser ist ein Achromat. Für optimale Ergebnisse oder größere Verlängerungsfaktoren muß dieses Linsensystem für ein vorgegebenes Öffnungsverhältnis und eine bestimmte Stellung im Strahlengang eigens gerechnet sein. Es kommt dann meist ein zwei-

lings System aus einer dem Hauptspiegel zugewandten positiven Flintglasslinse und einer dem Okular zugewandten negativen Bikonkavlinse aus Kronglas heraus [6]. Manchmal ähnelt auch das Hinterglied eines alten Foto-Teleobjektivs diesem Aufbau und läßt sich dafür verwenden. Mit einem eigens gerechneten System kann man sogar die sphärische Aberration eines Kugelspiegels

Abb. 1: Barlow-Linse (Strahlengang)



kompensieren und auch befriedigende Achromasie erreichen [7].

Wird auf das Verkitzen verzichtet, so ergeben sich weitere Freiheitsgrade für die Korrektur der Koma. Wegen des geringen Aufwandes sollte der Sternfreund eine evtl. vorhandene Negativlinse im Brennweitenbereich von ca. —6 cm bis —12 cm Brennweite als Barlowlinse erproben; hier ist probieren besser als viel rechnen. Der Strahlengang in Verbindung mit Barlowlinse ist in Abb. 1 dargestellt.

Es gelten hierzu folgende Beziehungen:

$$f'_G = m f'_1 \quad (3)$$

$$\alpha = f'_2 \left( \frac{1}{m} - 1 \right) \quad (4)$$

$$\alpha' = m \alpha \quad (5)$$

Dabei ist  $f'_G$  die sich mit Barlow-Linse ergebende neue Gesamtbrennweite des Systems,  $m$  der Vergrößerungs-

faktor,  $f'_1$  die Brennweite des Hauptspiegels und  $f'_2$  die (negative) Brennweite der Barlowlinse.

Umgekehrt können natürlich auch positive Linsen oder Linsenkombinationen an gleicher Stelle zur Verkürzung der Brennweite langbrennweitiger Fernrohre dienen und damit die relative Öffnung vergrößern, um für flächenhafte Objekte die Helligkeit zu erhöhen. Diese sog. „Shapley-Linsen“ finden ihr Einsatzgebiet in der Beobachtung lichtschwacher Nebel.

Obwohl nicht unmittelbar im Rahmen dieses Themas liegend, soll erwähnt werden, daß sich das brauchbare Bildfeld von Newton-Spiegeln für fotografische Zwecke durch an gleicher Stelle angeordneter nahezu afokaler zwei- oder dreilinsiger Linsensysteme (von Ross und Wynne eingeführt) erheblich vergrößern läßt. Das dreilinsige System nach Wynne ergibt sogar mit einem Parabolspiegel großer relativer Öffnung eine ausgezeichnete Komakorrektur sowie gute Bildfeldebnung [7].

(Fortsetzung mit Literaturverzeichnis in Heft 6/1987).



für den rechnenden Sternfreund

## Kalender

KARL-HEINZ BÜCKE

Die Umwandlung des Julianischen Datums (JD) in Kalenderdatum und umgekehrt ist nicht nur mittels in der Literatur enthaltener Tabellen, sondern auch durch einfaches Rechnen möglich.

In den Formeln tauchen die Zeichen INT und FRAC auf. INT (von engl. Integer = ganze Zahl) ist die Anweisung, nur den ganzen Teil einer Zahl zu verwenden, die Stellen hinter dem Komma also einfach zu streichen. FRAC (von engl. fraction = Bruchteil) bedeutet dagegen die Streichung der Zahlen vor dem Komma.

Beispiel:  $\text{INT}(1984.1129) = 1984.0000$

$\text{FRAC}(1984.1129) = 0.1129$

Bei Verwendung von Taschenrechnern genügt die gerundete Zahl 30,6 anstelle der häufig vorkommenden Zahl 30,6001.

Mitunter benötigt man die Information, dem wievielten Tag des Jahres ein bestimmtes Kalenderdatum entspricht. Dazu werden Tag (D), Monat (M) und Jahr (J) in folgende Formel eingesetzt:

$$n = \text{INT} \left( \frac{275}{9} M \right) - \text{INT} \left( \frac{M + 9}{12} \right) \\ \times \left( 1 + \text{INT} \left( \frac{J - 4 \text{INT}(J/4) + 2}{3} \right) \right) + D - 30$$

Diese Formel ist für beliebige Jahre anwendbar, ausgenommen die nicht durch 400 teilbaren Jahrhunderte (1700, 1800, 1900, 2100). Hier wird folgende Formel gültig:

$$n = \text{INT} \left( \frac{275}{9} M \right) - \text{INT} \left( \frac{M + 9}{12} \right) + D - 30$$

Auch umgekehrt ist das Problem lösbar. Aus einer bekannten Tageszahl  $n$  läßt sich das Kalenderdatum folgendermaßen berechnen:

$$B = \text{INT} \left( \frac{n + A - 122.1}{365.25} \right)$$

$A = 1889$   $A = 1523$  im Schaltjahr

$$C = n + A - \text{INT}(365.25 B)$$

$$E = \text{INT}(C/30.6001)$$

$$M = E - 1 \text{ wenn } E < 13.5$$

$$M = E - 13 \text{ wenn } E > 13.5$$

$$D = C - \text{INT}(30.6001 E)$$

### 1. Kalenderdatum in julianisches Datum

Ausgangswerte: Datum und Weltzeit in Tagesbruchteilen in der Schreibweise J M D,d (Jahr Monat Tag, Tagesbruchteil)

Das Rechenschema ergibt für den gesamten Zeitraum das julianische Datum. Bei Jahreszahlen vor Beginn unserer Zeitrechnung ist die astronomische Jahreszahl zu verwenden, also

|              |            |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|
| historisch   | 1 v. u. Z. | 1 v. u. Z. | 2 v. u. Z. |
| astronomisch | +1         | 0          | —1         |

Beispiel: 734 v. u. Z. August 6 entspricht —733 August 6

#### Rechenschema

$$\text{INT}(30.6001(M+13)) \\ \text{INT}(30.6001(M+1))$$

bei  $M = 1$  oder 2  
bei  $M > 2$

+

bei  $M = 1$  oder 2  
ist  $j = J - 1$   
bei  $M > 2$  ist  $j = J$

$$\text{INT}(365.25 j - 0.75) \\ 0 \\ \text{INT}(365.25 j)$$

bei  $j < 0$   
bei  $j = 0$   
bei  $j > 0$

+

$$\begin{array}{l}
 \boxed{1720\,994.5} \\
 + \\
 \boxed{2 - \text{INT} \left( \frac{j}{100} \right)} \\
 + \text{INT} \left( \frac{j}{400} \right) \\
 + \\
 \boxed{D, d} \\
 = \\
 \boxed{\text{JD}}
 \end{array}$$

im gregorianischen Kalender  
nach dem 15. 10. 158 )

Aus dem julianischen Datum, gültig für 12 Uhr Weltzeit, ist die Ermittlung des Wochentages möglich

$$\text{Wochentag} \approx 7 \text{ FRAC} ( \text{JD} / 7 )$$

0 = Montag, 1 = Dienstag, 2 = Mittwoch, 3 = Donnerstag, 4 = Freitag, 5 = Sonnabend, 6 = Sonntag.

$$\begin{array}{l}
 Z = \text{INT} (\text{JD} + 0.5) \\
 F = \text{FRAC} (\text{JD} + 0.5)
 \end{array}$$

$$A = Z + 1524$$

bei  $Z < 2299161$

$$a = \text{INT} \left( \frac{Z - 1867\,216.25}{36524.25} \right)$$

bei  $Z \geq 2299161$

$$A = Z + 1525 + a - \text{INT} (a/4)$$

$$B = \text{INT} \left( \frac{A - 122.1}{365.25} \right)$$

$$C = \text{INT} (365.25 B)$$

$$E = \text{INT} \left( \frac{A - C}{30.6001} \right)$$

$$D, d = A - C - \text{INT} (30.6001 D) + F$$

$$M = D - 1$$

$$M = D - 13$$

bei  $D < 13.5$

bei  $D > 13.5$

$$J = B - 4716$$

$$J = B - 4715$$

bei  $M > 2.5$

bei  $M < 2.5$

Datum

Beispiel: Es ist das JD für 1986 Januar 21, 0<sup>h</sup>41<sup>m</sup> UT zu bestimmen. Januar 21, 0<sup>h</sup>41<sup>m</sup> UT = Januar 21. 2785. Es sind folgende Zahlen zu addieren:

$$\begin{array}{r}
 428 \quad j = 1985 \\
 725\,021 \\
 1720\,981.5 \\
 21.2785 \\
 \hline
 2446\,451.7785
 \end{array}$$

Beispiel: Welcher Wochentag war der 7. Oktober 1949? JD für 1949 Oktober 7,5 = 2433197.0. Diese Zahl ergibt 4. Der 7. Oktober 1949 war ein Freitag.

## 2. Julianisches Datum in Kalenderdatum

Ausgangswerte: Julianisches Datum mit Tagesbruchteilen.

Das Rechenschema ergibt für den gesamten Zeitraum das Kalenderdatum. Zur Berechnung sind zunächst die Hilfsgrößen Z, A, B, C, E und F zu bestimmen. Das Ergebnis entspricht der astronomischen Jahreszählung (vgl. Abschnitt 1.).

### Rechenschema

Beispiel: Gegeben ist JD 1271 098.88

Die Hilfsgrößen sind: Z = 1271 099 F = 0.38

$$A = 1273\,223$$

$$B = 3485$$

$$C = 1272896$$

$$E = 10$$

Damit erhält man das Datum - 1231 September 21.38

## 3. Julianischer Kalender

Zur Umwandlung des julianischen Kalenders in den gregorianischen Kalender und umgekehrt dienen folgende Formeln und Tabellen:

$$\text{julianischer Kalender} = \text{gregorianischer Kalender} - k$$

$$1582 \text{ Okt. } 15 \text{ bis } 1700 \text{ Mrz. } 10 \quad k = 10$$

$$1790 \text{ Mrz. } 12 \text{ bis } 1800 \text{ Mrz. } 11 \quad k = 11$$

$$1800 \text{ Mrz. } 13 \text{ bis } 1900 \text{ Mrz. } 12 \quad k = 12$$

$$1900 \text{ Mrz. } 23 \text{ bis } 2100 \text{ Mrz. } 13 \quad k = 13$$

$$\text{gregorianischer Kalender} = \text{julianischer Kalender} + m$$

$$1582 \text{ Okt. } 2 \text{ bis } 1700 \text{ Feb. } 28 \quad m = 10$$

$$1700 \text{ Mrz. } 1 \text{ bis } 1800 \text{ Feb. } 28 \quad m = 11$$

$$1800 \text{ Mrz. } 1 \text{ bis } 1900 \text{ Feb. } 28 \quad m = 12$$

$$1900 \text{ Mrz. } 1 \text{ bis } 2100 \text{ Feb. } 28 \quad m = 13$$

## 4. Epochen der Jahresanfänge

Oft werden Ephemeriden unter der Annahme eines festliegenden Frühlingspunktes berechnet. Das hat den Vorteil, daß man vereinbarungsgemäß Sternatlanten mit eben dieser Lage des Frühlingspunktes und damit des äquatorialen Gradnetzes schaffen kann, was die Anwendung der Ephemeriden bedeutend erleichtert. Diese festgelegten Zeitpunkte nennt man Epochen und die zugehörige Position des Frühlingspunktes Äquinoktium. Ephemeriden werden heute noch häufig für das Äquinoktium 1950.0 gegeben, auf dem auch die meisten bedeutenden Sternatlanten und -kataloge beruhen. Als Standard-epoche galt bisher 1900.0 Sie war definiert als der Zeitpunkt 1900 Jan. 0 12<sup>h</sup>ET, zu dem die Sonne die geozentrische ekliptikale Länge 279°41'48",04 erreicht hatte. Als neue Standard-epoche wurde von der IAU 2000 Jan 1.5 UT festgelegt, das entspricht dem JD 2451545.0 Die neue Epoche ist genau ein julianisches Jahrhundert (36525 Tage) von der Epoche 1900.0 entfernt. Nach den neuen Festlegungen, die seit 1984 angewendet werden, unterscheiden sich die Epochen nicht mehr um tropische sondern um julianische Jahre. Zur Unterscheidung werden den bisherigen Epochen ein „B“ und den neuen ein „J“ vorangestellt. Beide Epochen sind für ein und dasselbe Jahr nicht gleich. So entspricht z. B. B1984.0 dem Jan. 1.158 und J1984.0 dem Jan. 1.5

Das JD für die Epochen kann mit folgenden Formeln berechnet werden:

$$\text{JD}_B = 2415020.3135 + 365.2422 (\text{Jahr} - 1900)$$

$$\text{JD}_J = 2451545.0 + 365.25 (\text{Jahr} - 2000)$$



KLAUS-HARRO TIEMANN

## Chronometrische Dienste Berliner Sternwarten (1787-1913)

Präzise Zeitbestimmungen gehörten seit dem 18. Jahrhundert zu den obligaten Dienstleistungen, die Sternwarten für den sogenannten bürgerlichen Alltag sowie für Handel und Verkehr erbringen mußten. Mit dem Übergang zur kapitalistischen Produktionsweise, deren Leitspruch „Zeit ist Geld“ sprichwörtlich wurde, erhöhten sich sowohl quantitativ als auch qualitativ die chronometrischen Anforderungen an die astronomischen Forschungsstätten. Ein Musterbeispiel dafür liefert die zweite, 1832–1835 von Karl Friedrich Schinkel (1781–1841) erbaute und in der Nähe des Belle-Alliance-Platz (heute Berlin-West) gelegene Berliner Sternwarte. Bereits von ihrer Vorgängerin übernahm sie die Verpflichtung, die richtige Zeit für die 1787 über dem Hauptportal des Akademieggebäudes Unter den Linden installierte minutengenaue Uhr zu liefern. Zu diesem Zweck erschien jeden Sonntag Vormittag der für die Akademieveranstaltungen zuständige Staduhnmacher auf der Schinkelschen Sternwarte, um seine als Kontrolluhr dienende Taschenuhr nach der aktuell ermittelten astronomischen Zeit einzustellen.

Die Industrialisierung Berlins, das Aufkommen neuer Verkehrsmittel (1838: Eisenbahn; 1839: Pferdeomnibus; 1865: Pferdestraßenbahn ([1] S. 184) und die explosionsartige Zunahme der Bevölkerung (1800: 173 000; 1875: 967 000 ([2] S. 86) führten jedoch seit den 50er Jahren zu einem rapide anwachsenden Bedarf an exakten Zeitbestimmungen. Nicht nur ein, sondern immer mehr Uhrmacher fanden sich auf der Sternwarte ein, zudem kamen sie zu den unterschiedlichsten Terminen ([3] S. 265). Der Lehr- und Forschungsbetrieb der astronomischen Einrichtung wurde dadurch immer mehr behindert und gestört. Fortschritte in der Uhrenkonstruktion sowie das Entstehen der Elektrotechnik ermöglichten dem jungen Direktor der Sternwarte Wilhelm Julius Foerster (1832–1921; Direktor 1865–1904), eine allseitig befriedigende Lösung der Problematik.

Unter dem 20. Juli 1869 berichteten die Berliner Zeitungen, daß vor dem in Nachbarschaft zur Sternwarte gelegenen Kammergerichtsgebäude in der Lindenstraße die erste elektrisch gesteuerte öffentliche Uhr Deutschlands in

Betrieb genommen wurde ([4] S. 6). Gebaut hatte die Uhr der Staduhnmacher Tiede. Durch ein von der Fa. Siemens & Halske gelegtes Kabel war sie mit der Präzisionspendeluhr der Sternwarte verbunden. Regelmäßige elektrische Impulse garantierten eine Sekundengenauigkeit (!) der neuen Uhr.

Die gesammelten positiven Erfahrungen veranlaßten Foerster, sich am 16. April 1870 „vertrauensvoll an die Behörden der Stadt, deren erleuchtete Fürsorge Allem, was die Kultur und die Ordnung des Gemeinwesens fördert, Verständnis und Förderung entgegenbringt“ [5], zu wenden. Getragen von der damals durchaus nicht selbstverständlichen Überzeugung, „daß die wissenschaftlichen Institute des Staates verpflichtet sind, nicht allein der reinen, zunächst nur auf Erkenntnis gerichteten Forschung zu dienen, sondern auch die gereiften Resultate vorangegangener Geistesarbeiten in Kraft- und Lebensgewinn selbst umsetzen zu helfen“ [5], schlug er in einem detaillierten Plan dem Magistrat vor, in Berlin mindestens 5 weitere elektrische Uhren aufzustellen. Weniger die geschickte Formulierung des Antrages, als vielmehr die Erkenntnis, daß eine sekundengenaue Zeitangabe mittlerweile kein Luxusbedürfnis mehr darstellte, bewog die Stadtverordnetenversammlung bereits 2 Monate (!) später, trotz der hohen Investitionskosten von 12831 Talern (= 38 493 M damaliger Kaufkraft!), dem Uhrenprojekt ihre Zustimmung zu geben. So heißt es im Sitzungsprotokoll vom 25. Juni 1870: „Nicht nur wird durch öffentliche Leistungen der Präzisionstechnik die Würdigung des Werts der Genauigkeit steigen und dadurch wieder eine Einwirkung auf die Technik selbst erzielt werden, sondern es werden sich auch mit dem wachsenden Verkehr und der wachsenden Energie und Ökonomie der menschlichen Arbeit die durch genaue öffentliche Zeitangaben zu erzielenden direkten Minderverluste an Arbeitszeit und Kraft auf immer höhere Werte beziffern.“ [5] Im Sommer 1872 wurden die elektrischen Uhren auf dem Hackeschen Markt, dem Moritzplatz (heute Berlin-West), dem Potsdamer Platz und dem Spittelmarkt fertiggestellt. Wegen Standortsschwierigkeiten verzögerte sich die Inbetriebnahme der fünften, schließlich 1874 am Oranienburger Tor errichteten Uhr. 30 Jahre später, 1904, wurde die siebte und letzte Normalsekundenuhr auf dem Lützowplatz (heute Berlin-West) aufgestellt.

Mit welcher (heute unwahrscheinlich anmutenden) Präzision und Zuverlässigkeit diese elektrischen Uhren funktionierten, illustriert ein Bericht aus dem Jahre 1907. In ihm wird konstatiert, daß die 7 Zeitmesser „andauernd



innerhalb eines Zehntels der Sekunde richtig gehalten werden konnten" [6]. Auf Grund dessen hatte bereits 1878 das Berliner Uhrennetz in Paris internationale Nachahmung gefunden.

Von den Normalsekundenuhren existierte die Uhr vor dem Kammergerichtsgebäude am längsten. Erst einer der zahlreichen Bombenabwürfe während des 2. Weltkrieges bereiteten der ehrwürdigen und bis zuletzt exakt funktionierenden Normaluhr am 3. Februar 1945 ein unverdientes Ende ([7] S. 7).

Die bis 1904 andauernde Betreuung der öffentlichen Sekundenuhren bildete jedoch nicht die einzige chronometrische Dienstleistung der Berliner Sternwarte. Noch vor der Errichtung der ersten elektrischen Uhr, nämlich 1864 ([8] Bl. 227), hatte man die zunächst unregelmäßige, später regelmäßige telegrafische Zeitübertragung an die preußische Telegraphendirektion aufgenommen. Aus ihr entwickelte sich der erste Anfang eines überregionalen Zeitdienstes, denn durch die Hauptuhr der Telegraphendirektion wurden auf telegrafischem Weg die Uhren sämtlicher preußischer Telegraphenstationen richtig gehalten.

Die auf Vorschlag von Foerster Mitte der 70er Jahre errichteten Zeitballstationen an der deutschen Nord- und Ostseeküste erhielten ebenfalls mittels Telegrafie die genaue Zeit. Von der Berliner Sternwarte wurden die Zeitballstationen in Swinemünde (ab 1874) und in Bremen (ab 1895) betreut ([9] Bl. 3ff.). Telegrafische bzw. telefonische Zeitsignalisierungen erfolgten desweiteren an die Uhrmacherschule im sächsischen Glashütte; ab 1877 ([10] Bl. 1), an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (ab 1887) ([11] Bl. 122) und an die populärwissenschaftliche Berliner Gesellschaft Urania; 1890 ([12] Bl. 269).

Mit der Aufnahme dieser – selbst im Vergleich zu anderen Sternwarten der damaligen Zeit – außerordentlich vielfältigen chronometrischen Dienste stellte sich aber aufs Neue das alte Problem der Belastung der eigentlichen Arbeitsaufgaben der Sternwarte. Basierend auf der Überzeugung, daß „ein Regulierungssystem sehr zahlreicher und ausgedehnter Uhrenanlagen ... nicht mehr Sache einer Sternwarte (sei), sondern einer von dieser unterstützten und beaufsichtigten Organisation“ ([13] S. 79), gelang es Wilhelm Foerster, 1889 die Gründung der Deutschen Centraluhrengesellschaft (ab 1894 Gesellschaft Normalzeit) zu initiieren. Bereits nach wenigen Jahren fungierte die Gesellschaft als überregionale, auch in anderen Ländern tätige Zeitzentrale. Ihre Hauptuhr wurde auf elektrischem Wege von der Sternwarte reguliert,

so daß eine präzise und zuverlässige Zeitweitergabe gewährleistet werden konnte.

Im Jahre 1900 versorgte die Gesellschaft Normalzeit allein in Berlin über 5000 Einrichtungen mit der genauen Zeit. Unter ihnen ragte zweifellos die 1892 begonnene Zeitübertragung an den Schlesiischen Bahnhof (dem heutigen Ostbahnhof) heraus. Der als „preußische Eisenbahnzeitsignale“ bezeichnete und in die Geschichte eingegangene Benachrichtigungsdienst war einmalig in der Welt. Von der durch die Normalzeitgesellschaft richtig gehaltenen Zentraluhr des Bahnhofes wurde täglich um 8.00 Uhr die sekundengenaue (!) Zeit an alle preußischen Eisenbahnstationen mit Telegrafenschlüssel weitergeleitet und damit eine Grundbedingung für die sprichwörtliche Pünktlichkeit der (damaligen) Eisenbahnen geschaffen. Wie exakt dieser Dienst funktionierte, verdeutlicht die Tatsache, daß sich die Uhrmacher von den Eisenbahnstationen die genaue Zeit holten sowie die Gesellschaft Normalzeit die empfangene Zeit als Grundlage für die Organisation weiterer regionaler und kommunaler Zeitübertragungen nutzte ([14] S. 5/6).

Das Aufkommen der sogenannten drahtlosen Funktelegrafie und damit im Zusammenhang des Rundfunks führten dazu, daß nach dem 1. Weltkrieg neue Formen der öffentlichen Zeitanzeige entwickelt wurden. Die Schinkelsche Sternwarte wurde bereits 1913 wegen ungünstiger Standortverhältnisse aufgegeben und abgerissen.

Lit.: [1] Brost, H./L. Demps: Berlin wird Weltstadt. Leipzig 1981. – [2] Narweil, G.: Zur Umweltproblematik in der Stadt Berlin während der Industriellen Revolution (1800–1870). In: Jb. Wirtschaftsgesch. Sonderbd. Berlin 1986. – [3] Foerster, W.: Lebenserinnerungen und Lebenshoffnungen. Berlin 1911. – [4] Deutsche Allg. Ztg. 18. 7. 1944. – [5] Communal-Blatt der Haupt- und Residenz-Stadt Berlin 11 (1870). – [6] Zentr. Archiv AdW der DDR. Nachl. Foerster, Nr. 58. – [7] Thoms, L.: Die Uhren von Berlin. ND 31. 1. 1965. – [8] Brief Foerster an preuß. Kultusminist. 12. 4. 1864. In: Zentr. Staatsarchiv, Dienstst. Merseburg. Minist. Wissenschaft u. Volksbildung, Sternw. Berlin, Rep. 76 Va Sekt. 2 Tit. X Nr. 102 Bd. 6. – [9] Signale der Schifffahrt und die Errichtung von Zeitballstationen an der deutschen Küste. In: Ebd. Rep. 76 Vc Sekt. 1 Tit. 11 T. II Nr. 16 Bd. 1. – [10] Brief Foerster an preuß. Kultusminist. 18. 1. 1879. In: Ebd. Rep. 76 Va Sekt. 2 Tit. X Nr. 102 Bd. 10. – [11] Dass. vom 14. 3. 1889. In: Ebd. Bd. 12. – [12] Dass. vom 16. 12. 1890. In: Ebd. – [13] Communal-Blatt ... 38 (1897). – [14] Normalzeit der Königlichen Sternwarte Berlin. Zeugnisse über Normaluhrenanlagen von Behörden. Berlin 1900 [Werbe- und Prospekt].

Verkaufe Cassegrainoptik 250/3000 mit Gittertubus für 1500 M. – P. Große Okenstr. 32, Jena, 6900.

## GY Cygni - Erforschung eines veränderlichen Sterns

DIETMAR BÖHME

Die systematische Beobachtung von veränderlichen Sternen ist auch heute noch eine Möglichkeit für Amateur-astronomen, wissenschaftliche Erkenntnis zu gewinnen oder zu bestätigen. Eine der Hauptsachen liegt in der Vielzahl der Objekte und der Vielfalt der Typen. Der zur Zeit erscheinende (neue) Generalkatalog der veränderlichen Sterne belegt, daß das Schema der Klassifikation noch längst nicht in sich abgeschlossen ist, sondern ständig in Veränderung und Erweiterung begriffen ist. Der Verfasser beobachtet seit etwa 10 Jahren besonders entwicklungsmäßig extrem junge Veränderliche. Gerade bei diesen Sternen ist es oft sehr schwierig zu entscheiden, zu welchem konkreten Typ die einzelnen Vertreter gehören, da die Phänomenologie des Lichtwechsels sehr unterschiedlich ist. Allgemein werden diese Sterne im Generalkatalog als Typ I (Unregelmäßige Veränderliche) bezeichnet und wenn möglich in Untergruppen eingeteilt. Aus dem Generalkatalog wurde eine Anzahl von Sternen ausgewählt, bei denen eine systematische visuelle Beobachtung sinnvoll erschien. Diese Liste enthielt eine Anzahl Sterne die wenig bekannt sind und teilweise auch ausgesprochen etwas aus der Reihe tanzten. Einer dieser Sterne ist GY Cygni, bei dem es sich um einen späten M-Stern und Mitglied einer Assoziation junger Sterne handeln sollte. Was war über den Stern überhaupt bekannt? Die Generalkatalog von 1969 gibt folgende Angaben:

Typ: Is (junger Stern mit schnellem Lichtwechsel)  
Amplitude: 11,2—13,0 mag. photographisch  
Spektraltyp: M7 p (später M - Typ mit Unregelmäßigkeiten)

Der erste Schritt um die Natur des Sternes zu enträtseln, ist ein gründliches Studium der Literatur, um möglichst alle Erkenntnisse zu erfassen, die durch frühere Beobachter gewonnen und publiziert worden sind. Bei GY Cygni gab es hier nicht sehr viel zu tun. Basis der Literatur-recherchen war der Zetteltatol der Sternwarte Sonneberg, dessen Nutzung dank dem freundlichen Entgegenkommen von Dr. W. Wenzel möglich wurde. Dieser Zetteltatol ist mittlerweile auch auf den modernen Datenträgern am Sternratzenzentrum in Strasbourg (Frankreich) gespeichert. Das Resultat kann in wenigen Sätzen zusammengefaßt werden.

Der deutsche Astronom Wachmann, ein erfahrener Beobachter veränderlicher Sterne, entdeckte bereits 1929 den Lichtwechsel und meldete seine Entdeckung in den „Astronomische Nachrichten“. Wachmann fand anhand von 193 visuellen Beobachtungen aus den Jahren 1929—31 den Stern als unregelmäßig veränderlich. Er fand als Spektraltyp M mit einigen Besonderheiten, hier seine wörtliche Umschreibung: „Der kontinuierliche Untergrund des Spektrums zwischen H und G ist sehr stark, während er im Blaugrünen schwach ist. Die Ab-

sorptionslinie G ist sehr breit“. Jaschek bestätigte mit seiner Spektraldurchmusterung den beobachteten Spektraltyp und klassifizierte GY Cyg mit M7 p. Im Jahrgang 1959 der sowjetischen Fachzeitschrift „Astronomicheski Zhurnal“ wird der Stern erstmals als Mitglied einer vermuteten T-Tauri Assoziation junger Sterne erwähnt. Diese Vermutung hielt sich hartnäckig und wurde in zahlreichen Publikationen ohne jegliche Prüfung aufgegriffen. Von Parenago, Himpel und Prager liegen weitere visuelle Beobachtungen aus den dreißiger Jahren vor, die auf einen unregelmäßigen Lichtwechsel kleiner Amplitude deuten. In den Harvardannalen wurde 1939 im Band 108 die einzige Identifikationskarte mit Vergleichssterne publiziert. Das war grob zusammengefaßt der Erkenntnisstand bis zum Jahre 1976.

Seit diesem Jahr begann der Verfasser mit der systematischen visuellen Beobachtung. Schon nach wenigen Monaten zeigte es sich, daß die Amplitude des langsamen Lichtwechsels nur wenige Zehntel Größenklassen umfaßt; es würde Jahre dauern, bis sichere Angaben über den Lichtwechsel möglich wären. Deshalb wurden 1980 Schätzungen auf den Platten der „Sonneberger Himmelsüberwachung“ der letzten 14 Jahre durchgeführt. Die Analyse dieser Beobachtungen ergab für GY Cyg einen halbregelmäßigen Lichtwechsel mit einer mittleren Zykluslänge von  $300 \pm 50$  Tagen in den Grenzen zwischen  $9m$  5 und  $10m$  7 (pv) aufweist. Weiterhin ist die Wirksamkeit einer sehr langfristigen Veränderung mit einer Zykluslänge um 4000 Tage angedeutet. Der Farbenindex ( $mpg - mpv$ ) wurde zu  $+1.1$  Größenklassen bestimmt. Resümierend konnte daraus mit großer Sicherheit geschlußfolgert werden, daß GY Cyg ein Veränderlicher vom Typ SR b ist, also ein halbregelmäßiger Stern. Diese neuen Erkenntnisse wurden am 05. Januar 1981 im „Information Bulletin on Variable Stars“ (IBVS) der IAU Kommission Nr. 27 unter der Nr. 1903 veröffentlicht. Doch war es noch nicht an der Zeit, den Stern als erledigten Fall abzulegen, zum einen gab es die spektralen Unregelmäßigkeiten und zum anderen war der Lichtwechsel noch ungenügend bekannt.

W. Wenzel (Sternwarte Sonneberg) untersuchte im Dezember 1979 eine Objektivprismenaufnahme des Schmidtspiegels und bestätigte den M-Typ, sowie die bereits durch Wachmann angezeigten spektralen Unregelmäßigkeiten. Wenzel macht eine besondere Struktur der Absorptionsbanden dafür verantwortlich, eine normale Erscheinung für späte M-Sterne. Der oben bestimmte Farbenindex widerspricht dem M-Typ, demnach müßte es sich um einen K-Stern handeln. Klärung konnten nur lichtelektrische Messungen bringen, aber es gab noch keine. An dieser Stelle möchte ich Herrn Dr. W. Pfau (Universitätssternwarte Jena) danken, der im September 1982 den Stern erstmals lichtelektrisch am 900 mm-Spiegel von Großschwabhausen beobachtete. Er bestimmte folgende Helligkeiten:

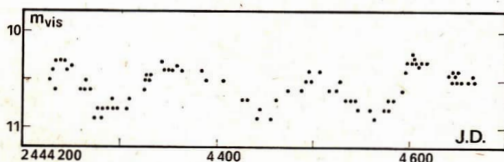
1982 September 8,888 UT  $V = 9m97$

$(b - y) = 1,80$  mag.

8,893 UT  $V = 9m98$

$(b - y) = 1,86$  mag.

Abb. 1: Beobachtung des visuellen Lichtwechsels nach Böhm und Ziehe.



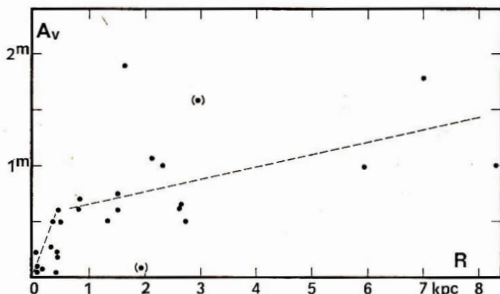


Abb. 2: Verlauf der visuellen Gesamtaborption in einem Feld von 25 Quadratgrad um GY Cyg, ermittelt anhand der beobachteten Extinktion ausgewählter Feldsterne.

Abb. 3 (unten): Verlauf der extinktionskorrigierten Strahlungsintensität von GY Cyg im visuellen und infraroten Bereich. Zum Vergleich wird der theoretische Strahlungsverlauf für einen M7 III Stern gegeben.

Es läßt sich daraus näherungsweise ein Farbenindex  $(B - V) = +2^m 47$  ableiten. Dieser steht in guten Einvernehmen mit dem Spektraltyp.

Zwischenzeitlich begann E. Zische (Großpostwitz), ein aktiver Beobachter des Arbeitskreises Veränderliche Sterne, sich an der visuellen Beobachtung zu beteiligen. Auf der Grundlage einer gemeinsamen mehrjährigen Beobachtung des Sternes, konnte eine neue mittlere Periode von  $130 \pm 15$  Tagen festgestellt werden, die Amplitude lag in den Grenzen zwischen  $9^m 5 - 10^m 8$  (vis). Von großer Wichtigkeit für eine weitere Untersuchung des Sternes wäre das Gewinnen eines Spektrums mit einer Mindestauflösung von 10 nm/mm und ein derartiges Spektrum liegt bislang noch nirgends vor. Auf eine entsprechende Anfrage des Verfassers beobachtete R. Joyce am 4 m-Spiegel des Kitt Peak National Observatory den Stern im infraroten Spektralbereich. Tabelle 1 zeigt die gemessenen Infrarothelligkeiten und zum Vergleich die vom Verfasser beobachteten visuellen Helligkeiten im gleichen Zeitraum. Aus diesen Beobachtungen läßt sich nun eine weitere interessante Erkenntnis ableiten. Die J-, H-, K- und L-Helligkeiten sind bis zu 2 Größenklassen größer als dies zu erwarten wäre. Es bieten sich zwei Erklärungen an. In einer stellaren Hülle wird ein Infrarotexzess erzeugt oder durch die Wirkung der

Tabelle 1: Am Kitt Peak National Observatory beobachtete Infrarothelligkeiten und Vergleich mit den theoretischen Werten

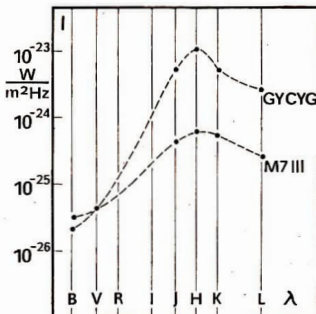
| Datum        | Spektralbereich          | J             | H   | K    | L         |
|--------------|--------------------------|---------------|---|------|-----------|
| 07. 08. 1984 |                          | 1.92          | 0.98  | 0.58 | 0.23 mag. |
| 02. 05. 1985 |                          | 1.87          | 0.93  | 0.54 | 0.23 mag. |
|              | beobachteter Farbenindex | theoretischer | abgeleitete, selektive Absorption E (B - V) |      |           |
| V - J        | 8.1 mag.                 | 5.9 mag.      | 1.0 mag.                                    |      |           |
| V - H        | 9.1                      | 6.9           | 0.9   |      |           |
| V - K        | 9.5                      | 7.2           | 0.9   |      |           |
| V - L        | 9.8                      | 7.5           | 0.8   |      |           |

interstellaren Extinktion wird der kurzwellige Strahlungsbereich stärker geschwächt.

Machen wir a priori die Annahme, daß der interstellare Staub der Alleinverursacher ist. Für einen normalen Stern vom Spektraltyp M7 III beträgt die Eigenfarbe  $(B - V)_0 = +1^m 9$ , die Jenaer Beobachtungen bringen eine um 0,6 Größenklassen stärkere Verfärbung. Nach dem Verfärbungsgesetz kann die visuelle Extinktion, bzw. der Verfärbungsindex aus den Infrarotbeobachtungen abgeleitet werden. Tabelle 1 stellt die beobachteten und theoretisch zu erwartenden Helligkeitsdifferenzen gegenüber. Es gibt noch einen zweiten Weg, die interstellare Extinktion abzuleiten. Für ein Feld von 25 Quadratgrad um den Stern wurde für 27 Sterne aus dem Spektraltyp die absolute Helligkeit und damit die Entfernung, sowie aus den UVB-Helligkeiten die Verfärbung ermittelt. Daraus entsteht der in Abbildung 2 dargestellte Extinktionsverlauf.

Wie können wir nun für GY Cyg die absolute Helligkeit finden? Vergleicht man den Stern von seinem Lichtwechsel her mit anderen roten Veränderlichen, so zeigen sich typische Analogien z. B. zum Lichtwechsel von g Her. Mit hinreichend großer Sicherheit kann die Leuchtkraftklasse III angenommen werden. Mit einer absoluten Helligkeit von  $M_v = -1$  kommen wir auf eine Entfernung unter 1 Kiloparsec und dann muß nach dem Extinktionsdiagramm der Wert  $E(B - V)$  unter 0,4 Größenklassen liegen, es ergibt sich eine Differenz zur Analyse der Infrarothelligkeiten. Die Existenz einer stellaren Hülle könnte der Grund sein.

In Tabelle 2 haben wir alle Ergebnisse zusammengefaßt und es zeigt sich gegenüber dem Stand vom 1976 ein





**Tabelle 2:** Zusammenstellung der für GY Cygabgeleiteten Parameter.

Periode des Lichtwechsels: 130 Tage, (4000 Tage)  
 Amplitude:  $9\text{m}5 - 10\text{m}8$  (vis)  
 Typ: SR b  
 Spektraltyp: M 7 III  
 vis. Absolute Helligkeit:  $-1\text{ mag.}$   
 Farindex ( $B - V$ ):  $+2.5\text{ mag.}$   
 Interstellare Verfärbung  $E(B - V)$ :  $0,6\text{ mag.}$   
 Entfernung  $r$ :  $690\text{ pc}$

**Bemerkung:** Die visuelle Gesamtabsorption  $\Delta V$  beträgt das Dreifache der selektiven Extinktion  $E(B - V)$ .

deutlicher Erkenntnisfortschritt. Es war möglich durch systematische Amateurtätigkeit, nicht zuletzt durch Zusammenarbeit mit anderen Sternfreunden und durch die Unterstützung der Fachastronomen. Gerade die Zusammenarbeit zwischen Amateuren und Fachleuten bei der Lösung konkreter Aufgaben ist noch ausbaufähig.

**Nachtrag:** Einer brieflichen Mitteilung von E. Zische zufolge konnte eine interessante Periodenänderung nachgewiesen werden. Über einen Zeitraum von 18 Jahren hat sich die Periode langsam von 160 Tagen auf 138 Tage verkleinert. Zische glaubt in letzter Zeit ein Anzeichen dafür zu finden, das sich die Periode wieder vergrößert. Dies bedeutet den Nachweis einer weiteren zyklischen Komponente mit einer Zyklendauer von mehr als 20 Jahren.

**Johannes Hoppe \* 30.4.1907  
 † 20.4. 1987**

Kurz vor Vollendung seines 80. Lebensjahres verstarb Prof. Dr. Johannes Hoppe. Er war bei Berufs- und Amateurastronomen gleichermaßen bekannt und geachtet. Als Hochschullehrer an der Universitäts-Sternwarte Jena hatte Prof. Hoppe maßgeblichen Anteil an der Ausbildung zahlreicher Astronomen, die heute im Zentralinstitut für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR und im Wissenschaftsbereich Astronomie der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena tätig sind. Die von Prof. Dr. Hoppe angeregten und betreuten Diplom- und Promotionsarbeiten entstammen fast ausschließlich seinem Arbeitsgebiet, der Meteorastronomie. Jeder, der bei ihm diplomierte oder promovierte, wird sich dankbar an seine stets hilfreiche Betreuung erinnern.

Von 1962 bis 1967 folgte Prof. Hoppe der Berufung als Direktor der Sternwarte Babelsberg. Danach kehrte er nach Jena zurück.

Prof. Johannes Hoppe vertrat stets die Auffassung, daß die populärwissenschaftliche Tätigkeit zu den Aufgaben eines Wissenschaftlers gehört. Dieser Standpunkt wurde von ihm auch

in die Tat umgesetzt. So war er viele Jahre Vorsitzender des Kreisvorstandes Jena-Stadt der URANIA. Von ihm gingen starke Impulse für die URANIA-Arbeit aus; zahlreiche junge Referenten erhielten von ihm nützliche und wichtige Ratschläge. Viele, besonders die Astronomielehrer der „ersten Stunde“, schöpften ihr Wissen aus seinen öffentlichen Vorträgen, seinen Vorlesungen in Aus- und Weiterbildungslehrgängen und u. a. auch aus seinem Buch „Planeten – Sterne – Nebel“.

Den langjährigen Lesern unserer Zeitschrift ist Prof. Hoppe gut bekannt, war er doch von 1963 bis 1977 Mitglied der Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“ und füllte von 1968 bis 1973 die Funktion des stellvertretenden Chefredakteurs aus, so daß er 15 Jahre lang auf die Entwicklung unserer Zeitschrift direkt Einfluß nahm. Die erfolgreiche Tätigkeit in der Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“ sah Prof. Hoppe in ganz enger Verbindung mit seiner gleichzeitigen Tätigkeit als Vizepräsident und als Präsident der „Deutschen Astronautischen Gesellschaft“.

Alle, die Prof. Dr. Johannes Hoppe kannten und schätzten, werden sich immer dankbar und mit Hochachtung an ihn erinnern.

Prof. Dr. Siegfried Marx  
 Chefredakteur

## Leserbrief

..... Da ich mich besonders für Raumfahrt interessiere, möchte ich mich für die in letzter Zeit verstärkt erschienenen Beiträge zur Raumfahrt bedanken. Einige Zeit sah es ja so aus, wir Raumfahrtfreunde müßten diese Zeitschrift abbestellen. Doch der jetzt eingeschlagene Weg, mit vielen neuen Autoren, stimmt optimistisch. Weiter so!

Andreas Reichardt, Leipzig

**Wir gratulieren unserem Redaktionsmitglied Prof. Dr. sc. D. Möhlmann.**

Er erhielt im Rahmen der Kollektivauszeichnung „DDR-Teilnehmergruppe am internationalen VEGA-Projekt“ den Orden „Banner der Arbeit“ Stufe II.

Die Redaktion

Suche Refr. 110/1650 m. parall. Mont. + Nachführung o. Refr. bis 130 mm Öffng. Alter, Zustand zweitrangig. Verkauft Falkauer Atlas u. Cambridge Enzyklopädie d. Astronomie o. Tausch gegen Atlas coeli v. Becvar. – Jan Wolarz, Clara-Zetkin-Str.-Str. 6, Jena, 6900.

Verkaufe C 250/4000 auf leicht rep.-bedürft. schwerer Eigenbaumont. f. 4000 M – Suche AuR-Heft 3/84 u. 5/86 – Steffen Wändisch PF 37, Lutzschera, 7301.



## Komet P/Borrelly (1987 p) günstig beobachtbar

Für das Jahr 1987 wurde der Periheldurchgang von 22 bekannten periodischen Kometen berechnet, doch nur zwei dieser Kometen erreichen eine visuelle Gesamthelligkeit, die sie auch zum Objekt für kleinere Amateurgelände macht.

Der hellere Komet ist P/Encke der seinen Periheldurchgang bereits am 17. Juli durchführte. Die größte visuelle Gesamthelligkeit wurde zu 6<sup>m</sup> berechnet, allerdings konnte er auf Grund seiner sehr ungünstigen Stellung in Sonnennähe praktisch nicht beobachtet werden.

Bei dem zweiten helleren Kometen handelte es sich um P/Borrelly, der zum erstenmal 1905 entdeckt und seit dem in 9 weiteren Perihelpassagen beobachtet wurde. Der Komet durchläuft seinen Perihelpunkt am 18. Dezember. Trotz des dabei relativ großen Sonnenabstandes von 1,4 AE wird er eine visuelle Gesamthelligkeit von rund 7<sup>m</sup> erreichen, vor allem wegen der sehr günstigen Stellung zur Erde (siehe Abb. 1).

Die auf der nördlichen Halbkugel der Erde ansässigen Beobachter werden durch P/Borrelly bevorzugt. Anfang November steigt der Komet aus südlichen Deklinationen auf und wird bei uns sichtbar. Über drei Monate lang ist er dann ein am Abendhimmel günstig beobachtbares Objekt.

Der Arbeitskreis Kometen beabsichtigt hierbei eine ähnliche Beobachtungskampagne wie bei P/Halley durchzuführen, besonders in den Gebieten visuelle Beobachtungen und Fotografie. Das Hauptgewicht soll in der Bestimmung von Gesamthelligkeit, Komadurchmesser und Kondensationsgrad sowie in der Fotografie mit Teleskopen liegen. Es wird dabei auf ähnlich umfangreiche und gut auswertbare Beobachtungen gehofft, die in der gleichen Weise wie bei P/Halley beim AK Kometen archiviert werden.

### Bahnelemente von Komet P/Borrelly [1]:

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| Periheltermin   | 1987 Dez. 18.3257 |
| Periheldistanz  | 1.356782 AE       |
| Exzentrizität   | 0.624210          |
| Umlaufzeit      | 6.86 Jahre        |
| Perihelargument | 353.3247°         |
| Knotenlänge     | 74.7460°          |
| Bahnneigung     | 30.3244°          |
| Epoche          | 1987 Dez. 31.0    |

### Ephemeride [1]:

| Datum      | RA (1950)                         | Dekl.   | d     | r     | m <sub>1</sub> |
|------------|-----------------------------------|---------|-------|-------|----------------|
|            |                                   |         | AE    | AE    |                |
| 1987 11 01 | 03 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 2 | -30°18' | 0.628 | 1.463 | 8m 0           |
| 1987 11 06 | 03 17.2                           | -34 35  | 0.595 | 1.442 | 7.9            |
| 1987 11 11 | 03 09.4                           | -32 15  | 0.565 | 1.424 | 7.7            |
| 1987 11 16 | 03 01.1                           | -29 14  | 0.538 | 1.408 | 7.5            |
| 1987 11 21 | 02 52.8                           | -25 29  | 0.516 | 1.393 | 7.4            |
| 1987 11 26 | 02 44.9                           | -21 01  | 0.498 | 1.381 | 7.3            |
| 1987 12 01 | 02 37.8                           | -15 53  | 0.487 | 1.372 | 7.2            |
| 1987 12 06 | 02 31.8                           | -10 15  | 0.482 | 1.364 | 7.2            |
| 1987 12 11 | 02 27.1                           | -04 17  | 0.485 | 1.359 | 7.2            |
| 1987 12 16 | 02 23.9                           | +01 46  | 0.494 | 1.357 | 7.2            |
| 1987 12 21 | 02 22.2                           | +07 42  | 0.511 | 1.357 | 7.3            |
| 1987 12 26 | 02 22.2                           | +13 22  | 0.535 | 1.360 | 7.4            |
| 1987 12 31 | 02 23.8                           | +18 37  | 0.564 | 1.365 | 7.5            |
| 1988 01 05 | 02 25.9                           | +23 26  | 0.599 | 1.372 | 7.7            |
| 1988 01 10 | 02 31.5                           | +27 46  | 0.638 | 1.382 | 7.8            |
| 1988 01 15 | 02 37.5                           | +31 38  | 0.681 | 1.394 | 8.0            |
| 1988 01 20 | 02 45.0                           | +35 06  | 0.727 | 1.409 | 8.2            |
| 1988 01 25 | 02 53.9                           | +38 10  | 0.776 | 1.425 | 8.4            |
| 1988 01 30 | 03 04.0                           | +40 53  | 0.828 | 1.444 | 8.6            |
| 1988 02 04 | 03 15.5                           | +43 16  | 0.881 | 1.464 | 8.8            |
| 1988 02 09 | 03 28.1                           | +45 22  | 0.936 | 1.486 | 9.0            |
| 1988 02 14 | 03 41.9                           | +47 12  | 0.993 | 1.510 | 9.2            |
| 1988 02 19 | 03 56.7                           | +48 46  | 1.052 | 1.535 | 9.4            |
| 1988 02 24 | 04 12.5                           | +50 06  | 1.111 | 1.562 | 9.6            |
| 1989 02 29 | 04 29.2                           | +51 12  | 1.172 | 1.590 | 9.8            |
| 1988 03 05 | 04 46.6                           | +52 09  | 1.234 | 1.618 | 9.9            |
| 1988 03 10 | 05 04.5                           | +52 45  | 1.297 | 1.648 | 10.1           |

Lit.: [1] Nakano, S. (Ed.), Comet Handbook 1987. in: International Comet Quarterly 9 (1987), Nr. 1.

### Berichtigung zum Beitrag „Komet Halley – Die Entwicklung ...“ in AuR 1/87, S. 21

In diesem „2. Bericht des AK Kometen“ sind uns leider zwei Fehler unterlaufen, die wir auch beim Korrekturlesen nicht bemerkt haben. Wir bitten dies zu entschuldigen und wie folgt zu berichtigen:

S. 21, Gl. (1):  $m_1 = m_0 + 5 \lg d + 2,5 \lg r$   
S. 22 gilt Gl. (4) für Refraktoren und Gl. (5) für Reflektoren.

KARSTEN KIRSCH

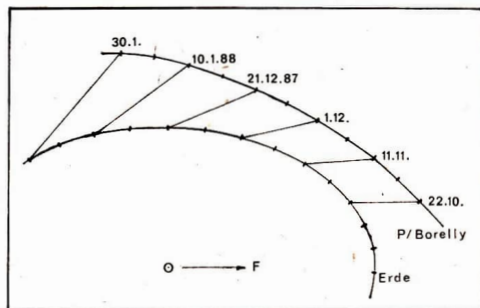


Abb. 1: Bahnstücke von Erde und Komet P/Borrelly zwischen Okt. 1987 und Jan. 1988.

## KURZBERICHTE



### 1. Leitungsseminar des AK Raumfahrt

Vom 20. bis 22. März 1987 trafen sich Leitungsglieder und aktive Freunde des Arbeitskreises Raumfahrt im Kulturbund der DDR zu einem ersten Leitungsseminar im Gästehaus „Eibenhof“, Bad Saarow.

Bereits der Abend des Anreisetages gestaltete sich zu einem Höhepunkt, als der bekannte Raumfahrt-Publizist Horst Hoffmann in geselliger Runde über Erlebnisse und Begegnungen plauderte, die er auf zahlreichen astronautischen Kongressen hatte, und seine von Detailkenntnissen geprägten Auffassungen über jüngste und künftige Raumfahrtentwicklungen vortrug.

Politökonomischen und historischen Fragen der Raumfahrt waren die Vorträge am Vormittag des zweiten Tages gewidmet. Ausgehend von der These, daß die Automatisierung (und im weiten Sinne die Einführung Informationsverarbeitender Technik) den Kernprozeß der wissenschaftlich-technischen Revolution ausmacht, beleuchtete Ralf P. Krämer in seinem Vortrag die Rolle der Automaten in der Raumfahrt als wichtigen Gradmesser für die Stellung der Raumfahrt in dieser Revolution. Er zeigte, daß die Raumfahrt das erste menschliche Tätigkeitsfeld in der Geschichte ist, in der automatische Vorrichtungen mit naturgegebener Notwendigkeit bereits am Anfang der praktischen Verwirklichung eingesetzt werden mußten. Zugleich dienen die in der Raumfahrt angewandten Automaten als Vorbild für entsprechende irdische Anwendungen, wodurch die Rolle der Raumfahrt als Stimulator der wissenschaftlich-technischen Revolution nicht zuletzt an deren Kernprozeß nachgewiesen werden konnte.

Einen interessanten historischen Rückblick auf das Wirken des Raumfahrtpioniers Sergej Koroljow gab Olaf Göring in einem Dia-Vortrag. Er schilderte insbesondere den Entwicklungsweg des Wostok-Raumschiffes und den wissenschaftlichen Meinungsstreit darüber, ob der erste Sowjetmensch, der in den irdischen kosmischen Raum fliegt, dies auf einer ballistischen oder einer Orbitalbahn tun solle (vgl. hierzu auch die Erinnerungen von W. Gubarew [1]).

Dem Wirken des Pioniers der deutschen Raketenfotografie, Alfred Maul (1870–1942), war der Lichtbildervortrag von Frank-E. Rietz gewidmet. Wenn auch, wie der Referent feststellte, von Mauls Wirken keine direkten Entwicklungslinien zur Raumfahrt raketen- und zur heutigen aerokosmischen Bildgewinnung ausgingen und die in den Jahren vor dem Ersten Weltkrieg angestellten Versuche trotz ihrer militärischen Relevanz nie praktische Bedeutung erlangten, so gebühren Maul dennoch einige Prioritäten auf raketen-technischem Gebiet, die ihn in eine Reihe mit anderen Raketenpionieren stellen (Näheres nachzulesen in [2]).

Als besonderes Erlebnis wird den Teilnehmern der Besuch der Interputnik-Erdefunkstelle Neu Goltm im Gedächtnis bleiben. Nach einem Einführungsvortrag des Leiters der Station, Dipl.-Ing. Jochen Berndt, in dem auf überzeugende Weise technische und politische Aspekte des Nachrichtensatellitenverkehrs angesprochen wurden, stand den Exkursionsteilnehmern die Station zur Besichtigung offen. Obwohl die Erdefunkstelle an sich schon viel Interessantes zu bieten hat und die Mitarbeiter viele Fragen beantworten mußten, wollte es der Zufall, daß gerade ein Bildbericht vom Start des Satelliten PALAPA-B-2 eingespielt wurde, gewissermaßen als Extra-Bonbon für die Raumfahrt-Enthusiasten.

Der Sonntagvormittag stand, nachdem der Leiter des Arbeitskreises, Hans-Dieter Naumann, bereits am Abend vorher über künftige Vorhaben informiert, ganz im Zeichen der praktischen Pflege des Raumfahrt-hobbys. Wie man einen Kleincomputer KC 85/1 sinnvoll dafür nutzen kann, führte Berthold Bieker vor. Neben Dateien, die unter verschiedenen Gesichtspunkten auswertbar sind (allerdings mit dem Nachteil der geringen Rechnergeschwindigkeit und der beschränkten Speicherkapazität dieses Computertyps), beeindruckte vor allem ein selbstgeschriebenes Programm, mit Hilfe dessen fast trickfilmartig der Ablauf der Salut-Mir-Sojus-Missionen vorgeführt werden konnte.

Alles in allem war das dreitägige Seminar eine gelungene Sache, der bald eine Fortsetzung zu wünschen ist. Es soll an dieser Stelle nicht vergessen werden, den Organisatoren und nicht zuletzt den Gastgebern für ihre Mühe zu danken.

[1] Erinnerungen / W. Gubarew. – In: Flieger-Revue (1982) 9, S. 414–417. – [2] Alfred Maul – ein Pionier der Raketenfotografie / Frank-E. Rietz. – In: Mitteilungen / GWR 9 (1986) 4, S. 17–26.

RALF P. KRÄMER

### Jahreszusammenkunft des AKV 1987

Traditionsgemäß trafen sich, wie alljährlich, die Mitglieder des AKV zu ihrer Jahreszusammenkunft, die am 9. Mai 1987 in der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha stattfand. Es war eine bedeutende Zusammenkunft:

Einmal fand sie zum 15jährigen Bestehen des AKV statt, zum anderen wurden Rekordergebnisse vorgelegt. Die Auswertung ergab, daß insgesamt 4963 Einzelbeobachtungen mit 1327 Ergebnissen erhalten wurden und damit die Gesamtzahl der Beobachtungen die Viertelmillion erreicht hat. Daraus ist ein Problem ersichtlich, das auf uns zukommt: Die Verarbeitung dieser Daten, zumal wir den Auftrag erhielten, das Material dem Sternwartenzentrum in Strasbourg einzuliefern. Damit befaßten sich viele Diskussionen. Der AKV ist heute an dem Punkt angelangt, wo es nicht nur auf das Sammeln von Beobachtungen allein ankommt, sondern Ergebnisse zu gewinnen sind.

In der Jahreszusammenkunft wurden wieder die Beobachtungen ausgewertet und auf die Beobachtung interessanter Sterne hingewiesen. Der Leiter des AKV, Bld. H. Busch, übermittelte den Teilnehmern die große Wertschätzung, die der AKV in Fach- und Amateurkreisen genießt. Mit Kurzreferaten bereicherten einige Mitglieder die informative Veranstaltung. Es wurden Beobachtungsprojekte vorgestellt und über die weitere Verbesserung der Beobachtungstätigkeit gesprochen.

Der Fleiß und die langjährige Mitarbeit im AKV fand wiederum seine Würdigung in der Verleihung von Ehrendiplomen und Urkunden. Die Zentrale bedankte sich ausdrücklich für die große geleistete Arbeit des vergangenen Beobachtungsjahres und verwies darauf, daß man durch sinnvolle Freizeitaktivität durchaus heute noch in der Lage ist, einen kleinen wissenschaftlichen Beitrag zu leisten. Die sozialen Bedingungen dafür sind in unserem Staat gegeben.

Sämtliche Teilnehmer fuhren mit dem Willen nach Hause, auch im kommenden Jahr wieder ihr Bestes zu geben.

H. BUSCH  
Leiter des AKV

## Meteorspur?

Die verästelte Spur auf dem Titelfoto von AuR 3/87 wurde dort als mögliche Meteorspur bezeichnet. Ein Meteor erscheint aufgrund seiner Bewegung um 5 bis 7<sup>m</sup> schwächer als eine Sternspur; ein Vergleich mit nachgeführten Sternabbildungen führt zu einer noch größeren Differenz. Demnach müßte es sich also wenigstens um eine Feuerkugel von  $-7^m$ ... $-9^m$  mit sehr steil verlaufender Bahn und einer Detonation nahe dem Endpunkt gehandelt haben, wobei die Teilung in jeweils etwa gleich große Stücke erfolgt sein muß, die außergewöhnliche Impulse quer zur Beobachtungsrichtung erhielten. Aufnahmen von Teilungen bei Feuerkugeln zeigen jedoch derartiges Verhalten nicht.

Die Verästelungen und der Verlauf der Spuren scheinen mir eher auf elektrische Entladungen hinzudeuten. Bei schnellem Film-(Rück-)transport kann dies in der Kamera verursacht werden. Aber auch bei der weiteren Behandlung kann eine elektrostatische Aufladung erfolgen (Plastmaterialien für Entwicklerdose und Reibung an Kleidung zum Beispiel). Eine Klärung ließe sich vielleicht bei genauer Betrachtung des gesamten Filmstreifens herbeiführen.

Weiterhin liefern zur Zeit dieser Aufnahme die fotografische Himmelsüberwachung des Arbeitskreises Meteore und mehrere visuelle Meteorbeobachtungen, ohne daß eine hellere Erscheinung festgestellt wurde.

JÜRGEN RENDTEL

## Die rätselhafte Supernova 1987A

Die Explosion der Supernova SN 1987A begann am 23. 2. 1987 zwischen Feb. 23.101 und 23.443 UT. Schon bald war die genaue astrometrische Position bekannt, und es deutete sich an, daß der Stern Sanduleak—69202 zur Supernova wurde. Dieser Stern ist ein blauer Überriese:  $V = 12.24$ ,  $(B - V) = +0.04$ ,  $(U - B) = -0.05$ , Spektraltyp B 3 I. An der Position der Supernova findet man innerhalb von 5" drei Sterne, von denen tatsächlich Sanduleak—69202 der aussichtsreichste Kandidat ist. Er paßt jedoch nicht zu den Vorstellungen über Supernova-Ausbrüche. Ein weiterer Stern, der dem Spektraltyp M 1...M III angehört, kann ausgeschlossen werden. Bei einer Supernova dauert es einige Zeit, bis es zur Ausdehnung von Radiostrahlung kommt. Diese hält dann aber gewöhnlich einige Monate an. Vom 20. 2. bis 6. 3. konnte man mit den Radioteleskopen in Parkes und Canberra Radioemission registrieren, dann aber nicht mehr. Der japanische Röntgensatellit Astro-C (Ginga) stellte keine Röntgenstrahlung fest, die 4/1000 des vom Crabnebel gemessenen Flusses übersteigen hat.

Radio- und Röntgenemission treten auf, wenn die Stoßwelle der Explosion in Staub und Gas der Umgebung dringt. Die Beobachtungen weisen auf das Fehlen zirkumstellaren Materials hin. Dies könnte z. B. durch einen Sternwind hoher Geschwindigkeit verursacht werden, was zu einem Massenverlust für den Stern führt und Teile seiner Atmosphäre sowie des umgebenden Materials wegbläst.

Noch mehr Rätsel bereiten die Neutrinoregistrierungen (21 Ereignisse). Eine Supernova kann nach den Modellen nur im unmittelbaren Moment der Explosion etwa 1 s lang Neutrinos emittieren. Drei Aufzeichnungen von Neutrinos sind bekannt. Die Irvine-Michigan-Brookhaven-Meßapparatur in einem Salzbergwerk in Ohio registrierte acht Neutrinos zwischen 20 und 40 MeV innerhalb von 6 s ab 23. 2. 1987,  $07^h35^m41.37^s$  UT. In der japanischen Zinkmine Kamioka wurden zur selben Zeit (im Rahmen der Genauigkeit der Zeitnahme) ener-

gieärmere Neutrinos registriert. Nähme man eine Ruhemasse von einigen 10 eV für Neutrinos an, könnten sich die innerhalb von 1 s emittierten Neutrinos auf ihrem Weg von der Großen Magellanschen Wolke über 6 s verteilen. Eine andere Möglichkeit: Die aus dem zusammenstürzenden Kern stammenden Neutrinos könnten einige Male in der Sternhülle gestreut werden. Eine Untersuchung des Energiespektrums der wenigen Ereignisse ist aber kaum aussichtsreich. 4,5 h vor o. g. Zeitpunkt stellte eine italienische Apparatur im Mt. Blanc-Tunnel Neutrinos fest. Sollte es zwei (Phasen einer) Explosion gegeben haben? Da zum früheren Zeitpunkt beide anderen genannten Apparaturen nichts feststellten, wird auch eine zufällige Ereignishaufung gerade oberhalb des Hintergrundrauschens vermutet.

Man muß wohl SN 1987A als Supernova vom Typ II mit einigen Besonderheiten einordnen. Ihre Leuchtkraft hielt sich für eine ungewöhnlich lange Zeit auf hohem Niveau — normal ist ein Abfall innerhalb weniger Tage. Die Helligkeit des ersten Ausbruchs wird von der mechanischen Energie der Explosion bestimmt. In späteren Phasen ist der Zerfall dabei erzeugt radioaktiver Kerne die Hauptenergiequelle. Eine „normale“ Supernova vom Typ II hätte einen mehrere Größenklassen helleren Ausgangsstern erfordert. Dann aber wäre auch der zeitliche Abstand zwischen dem Neutrinopuls und dem optischen Aufleuchten größer gewesen. (Ein kleinerer Stern hat einen schnelleren optischen Helligkeitsanstieg.) Das Verhalten im Radio-, Röntgen- und im UV-Bereich, wo die Intensität viel schneller als erwartet wieder abnahm, sowie die Identifizierungsfrage und das Neutrinoproblem werden die Vorstellungen über die ablaufenden Prozesse merklich beeinflussen.

In AuR werden zu einzelnen Beobachtungsbefunden weitergehende Berichte folgen. (Vgl. AuR 4/87, S. 105)

JÜRGEN RENDTEL

Lit.: Nature 326 (1987) S. 239 (19. 3. 87); S. 328 (26. 3.); S. 543 (9. 4.); S. 638 (16. 4.). — Supernova 1987A in the LMC (6 Beiträge in ESO Sci. Preprint no. 500; Mrz. 1987).

## Vorschau auf Heft 6/1987

100 Jahre „Carte du Ciel“ — Projekt • Edwin Rolf und seine Fernrohre • Nutzen und Auswirkung von Weltraumtechnik • Erfassung und Interpretation meteorologischer Prozesse • Kalenderbeilage 1988

## Unsere Autoren:

Uwe Schmalzing, Gr. Wolfweberstr. 23, Neubrandenburg 2000

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Naumann, Str. der Thälmannpioniere 19, Radeberg, 8142

Dipl.-Math. D. Stoll und Dr. H. Tiersch, ZIAP der AdW d. DDR, R.-Luxemburg-Str. 17a, Potsdam, 1591

Bernd Scholz, Amstestr. 7, Berlin, 1170

Herbert Schild, W.-Weidling-Str. 29/10—36, Dresden, 8046

Karl-Heinz Bücke, Fl.-Geyer-Str. 40/004, Dresden, 8019

Dr. Klaus-Harro Tiemann, Springbornstr. 14, Berlin, 1197

Ing. Dietmar Böhm, PF 03, Nessel, 4851

Andreas Reinhardt, Strelitzer Str. 6, Leipzig, 7022

Karsten Kirsch, O.-Schwarz-Str. 27, Jena-Winzleria, 6908

Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel, Gontardstr. 11, Potsdam, 1570

Bernh. Priessmuth, Th.-Brugsch-Str. 2, Berlin-Buch, 1115

(Weitere Autorenanschriften sind in der Redaktion erfragbar.)

# Raumfahrtstatistik 1986 (III)

| Raumflugkörper       | Masse | Staat | Start     | Astronom. | Teile | Epoche         | Perigäum<br>(km) | Apogäum<br>(km) | Umlauf-<br>zeit<br>(min) | Bahn-<br>neigung<br>(Grad) | Lebensdauer<br>bzw. Umlauf<br>beendet |
|----------------------|-------|-------|-----------|-----------|-------|----------------|------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Star-2<br>(SBTS-2)   | 1243  | USA   | 29. 3. 86 | 1986-26A  | 4     | 21. 4. 86      | 35782            | 35791           | 1435,99                  | 0,06                       | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1738 (Lutsch) | 1105  | Bras. | 29. 3. 86 | 1986-20B  |       | 4. 4. 86       | 35787            | 35789           | 1436,06                  | 0,08                       | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1739          |       | UdSSR | 4. 4. 86  | 1986-27A  | 5     | +              | 36560            | 36560           | 1477                     | 1,4                        | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1740          |       | UdSSR | 9. 4. 86  | 1986-28A  | 1     | +              | 182              | 352             | 89,5                     | 64,9                       | 7. 6. 86                              |
| Kosmos-1741          |       | UdSSR | 15. 4. 86 | 1986-29A  | 11    | +              | 208              | 396             | 90,2                     | 72,9                       | 28. 4. 86                             |
| Kosmos-1742          |       | UdSSR | 17. 4. 86 | 1986-30A  | 3     | +              | 784              | 824             | 100,8                    | 74                         | 120 Jahre                             |
| Molnija 3 (Nr. 28)   |       | UdSSR | 18. 4. 86 | 1986-31A  | 3     | +              | 638              | 40664           | 736                      | 62,9                       | 13 Jahre                              |
| KH-11                |       | USA   | 18. 4. 86 | —         | —     | Fehlstart      |                  |                 |                          |                            | —                                     |
| Progress-26          | 7020  | UdSSR | 23. 4. 86 | 1986-32A  | 1     | +              | 190              | 274             | 88,8                     | 51,6                       | 23. 6. 86                             |
| GOES-G               |       | USA   | 4. 5. 86  | —         | —     | Fehlstart      |                  |                 |                          |                            | —                                     |
| Kosmos-1742          |       | UdSSR | 14. 5. 86 | 1986-33A  | 7     | +              | 209              | 383             | 90,1                     | 73                         | 23. 5. 86                             |
| Kosmos-1743          |       | UdSSR | 15. 5. 86 | 1986-34A  | 1     | +              | 657              | 678             | 97,8                     | 82,6                       | 30. 5. 86                             |
| Sojus TM-11          |       | UdSSR | 21. 5. 86 | 1986-35A  | 2     | +              | 200              | 240             | 88,6                     | 51,0                       | 4. 6. 86                              |
| Kosmos-1744          |       | UdSSR | 21. 5. 86 | 1986-36A  | 6     | +              | 227              | 395             | 90,4                     | 63,8                       | 1. 6. 86                              |
| Kosmos-1745          |       | UdSSR | 23. 5. 86 | 1986-37A  | 1     | +              | 934              | 1024            | 104,9                    | 83                         | 1. 6. 86                              |
| Ekran-15             |       | UdSSR | 24. 5. 86 | 1986-38A  | 5     | +              | 35500            | 35500           | 1424                     | 0,3                        | Mill. Jahre                           |
| Meteor 2 (Nr. 14)    |       | UdSSR | 27. 5. 86 | 1986-39A  | 1     | +              | 953              | 974             | 104,1                    | 82,5                       | 1. 6. 86                              |
| Kosmos-1746          |       | UdSSR | 28. 5. 86 | 1986-40A  | 8     | +              | 195              | 308             | 82,3                     | 82,2                       | 11. 6. 86                             |
| Kosmos-1747          |       | UdSSR | 29. 5. 86 | 1986-41A  | 5     | +              | 217              | 420             | 90,6                     | 70,4                       | 12. 6. 86                             |
| Intelsat 5A-F14      |       | USA   | 31. 5. 86 | —         | —     | Fehlstart      |                  |                 |                          |                            | —                                     |
| Kosmos-1748          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42A  | 1     | +              | 1444             | 1506            | 115,1                    | 74                         | 9000 Jahre                            |
| Kosmos-1749          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42B  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 6000 Jahre                            |
| Kosmos-1750          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42C  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 7000 Jahre                            |
| Kosmos-1751          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42D  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1752          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42E  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1753          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42F  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1754          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42G  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1755          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-42H  |       | siehe 1986-42A |                  |                 |                          |                            | 8000 Jahre                            |
| Kosmos-1756          |       | UdSSR | 6. 6. 86  | 1986-43A  | 1     | +              | 182              | 368             | 89,7                     | 64,9                       | 4. 8. 86                              |
| Horizont-12          |       | UdSSR | 10. 6. 86 | 1986-44A  | 5     | +              | 36540            | 36540           | 1474                     | 1,5                        | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1757          |       | UdSSR | 11. 6. 86 | 1986-45A  | 6     | +              | 189              | 252             | 88,6                     | 82,3                       | 25. 6. 86                             |
| Kosmos-1758          |       | UdSSR | 12. 6. 86 | 1986-46A  | 1     | +              | 644              | 682             | 97,8                     | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1759          |       | UdSSR | 18. 6. 86 | 1986-47A  | 1     | +              | 985              | 1016            | 104,9                    | 82,9                       | 1. 6. 86                              |
| Kosmos-1760          |       | UdSSR | 19. 6. 86 | 1986-48A  | 6     | +              | 218              | 421             | 90,6                     | 70                         | 3. 7. 86                              |
| Molnija 3 (Nr. 29)   |       | UdSSR | 19. 6. 86 | 1986-49A  | 3     | +              | 640              | 40679           | 736                      | 62,9                       | 11. 6. 86                             |

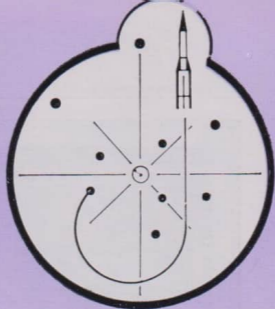


| (Fortsetzung)<br>Raumflugkörper | Masse<br>(kg) | Start | Staat      | Astronom.<br>Bezeichn. | Teile | Epoche                       | Perigäum<br>(km) | Apogäum<br>(km) | Umlauf-<br>zeit<br>(min.) | Bahn-<br>neigung<br>(Grad) | Lebensdauer<br>bzw. Umlauf<br>beendet |
|---------------------------------|---------------|-------|------------|------------------------|-------|------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Kosmos-1761                     |               | UdSSR | 5. 7. 86   | 1986-50A               | 3     | +                            | 607              | 39325           | 709                       | 63                         | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1762                     |               | UdSSR | 10. 7. 86  | 1986-51A               | 4     | +                            | 196              | 304             | 89,2                      | 82,6                       | 24. 7. 86                             |
| Kosmos-1763                     |               | UdSSR | 16. 7. 86  | 1986-52A               | 6     | +                            | 701              | 814             | 100,5                     | 74,1                       | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1764                     |               | UdSSR | 17. 7. 86  | 1986-53A               | 1     | +                            | 182              | 308             | 89,7                      | 64,9                       | 11. 9. 86                             |
| Kosmos-1765                     |               | UdSSR | 24. 7. 86  | 1986-54A               | 31    | +                            | 207              | 395             | 90,2                      | 72,9                       | 7. 8. 86                              |
| Kosmos-1766                     |               | UdSSR | 28. 7. 86  | 1986-55A               | 1     | +                            | 648              | 679             | 97,8                      | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1767                     |               | UdSSR | 30. 7. 86  | 1986-56A               | 1     | +                            | 198              | 226             | 88,5                      | 64,9                       | 16. 8. 86                             |
| Molnija 1 (Nr. 67)              |               | UdSSR | 30. 7. 86  | 1986-57A               | 3     | +                            | 658              | 40615           | 736                       | 62,9                       | 10 Jahre                              |
| Kosmos-1768                     |               | UdSSR | 2. 8. 86   | 1986-58A               | 7     | +                            | 199              | 303             | 89,2                      | 82,6                       | 16. 8. 86                             |
| Kosmos-1769                     |               | UdSSR | 4. 8. 86   | 1986-59A               | 1     | +                            | 438              | 436             | 93,3                      | 65                         | 2. 2. 87                              |
| Kosmos-1770                     |               | UdSSR | 6. 8. 86   | 1986-60A               | 2     | +                            | 189              | 302             | 89                        | 64,8                       | 10000 Jahre                           |
| Ajisa (EUS)                     | 685           | Japan | 12. 8. 86  | 1986-61A               | —     | 18. 8. 86                    | 1497             | 1497            | 115,66                    | 50,01                      | 10000 Jahre                           |
| Fuji (JAS-1)                    | 50            | Japan | 12. 8. 86  | 1986-61B               | —     | 18. 8. 86                    | 1497             | 1497            | 115,66                    | 50,01                      | 10000 Jahre                           |
| Jindai (MABES)                  | 2100          | Japan | 12. 8. 86  | 1986-61D               | —     | 20. 8. 86                    | 1454             | 1594            | 116,78                    | 50,00                      | 10000 Jahre                           |
| Kosmos-1771                     |               | UdSSR | 20. 8. 86  | 1986-62A               | 3     | +                            | 254              | 278             | 89,6                      | 65                         | 600 Jahre                             |
| Kosmos-1772                     |               | UdSSR | 21. 8. 86  | 1986-63A               | 6     | +                            | 210              | 370             | 90                        | 72,9                       | 3. 9. 86                              |
| Kosmos-1773                     |               | UdSSR | 27. 8. 86  | 1986-64A               | 1     | +                            | 181              | 366             | 89,7                      | 64,9                       | 21. 10. 86                            |
| Kosmos-1774                     |               | UdSSR | 28. 8. 86  | 1986-65A               | 3     | +                            | 614              | 39342           | 709                       | 62,8                       | 100 Jahre                             |
| Kosmos-1775                     |               | UdSSR | 3. 9. 86   | 1986-66A               | 10    | +                            | 216              | 405             | 90,4                      | 70,3                       | 17. 9. 86                             |
| Kosmos-1776                     |               | UdSSR | 3. 9. 86   | 1986-67A               | 13    | +                            | 478              | 521             | 94,5                      | 74                         | 4 Jahre                               |
| Molnija 1 (Nr. 68)              |               | UdSSR | 5. 9. 86   | 1986-68A               | 3     | +                            | 645              | 40558           | 735                       | 63                         | 15 Jahre                              |
| USA-19(1)                       |               | USA   | 5. 9. 86   | 1986-69A               | 16    | Nach Zerstörung:<br>7. 9. 86 | 211              | 747             | 94,05                     | 39,07                      | 28. 9. 86                             |
| USA-19(2)                       |               | USA   | 5. 9. 86   | 1986-69B               | —     | Nach Zerstörung:<br>7. 9. 86 | 219              | 610             | 92,64                     | 22,78                      | 25. 11. 86                            |
| Kosmos-1777                     |               | UdSSR | 10. 9. 86  | 1986-70A               | 1     | +                            | 781              | 819             | 100,8                     | 74                         | 120 Jahre                             |
| Kosmos-1778                     |               | UdSSR | 16. 9. 86  | 1986-71A               | 5     | +                            | 19123            | 19123           | 675                       | 64,8                       | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1779                     |               | UdSSR | 16. 9. 86  | 1986-71B               | —     | stehe 1986-71A               | —                | —               | —                         | —                          | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1780                     |               | UdSSR | 16. 9. 86  | 1986-71C               | —     | stehe 1986-71A               | —                | —               | —                         | —                          | 1 Mill. Jahre                         |
| Kosmos-1781                     |               | UdSSR | 17. 9. 86  | 1986-72A               | 8     | +                            | 217              | 405             | 90,4                      | 70,4                       | 1. 10. 86                             |
| Kosmos-1782                     | 1712          | USA   | 17. 9. 86  | 1986-73A               | 2     | 19. 9. 86                    | 808              | 826             | 101,29                    | 98,75                      | 300 Jahre                             |
| NOAA-10                         |               | USA   | 17. 9. 86  | 1986-74A               | 1     | +                            | 650              | 677             | 97,8                      | 82,5                       | 60 Jahre                              |
| Kosmos-1783                     |               | UdSSR | 3. 10. 86  | 1986-75A               | 4     | +                            | 613              | 20045           | 338                       | 65,8                       | 32 Jahre                              |
| Chia-19                         |               | VRC   | 6. 10. 86  | 1986-76A               | 3     | 6. 10. 86                    | 172              | 387             | 90,07                     | 56,96                      | 23. 10. 86                            |
| Kosmos-1784                     |               | UdSSR | 6. 10. 86  | 1986-77A               | 1     | +                            | 203              | 305             | 89,3                      | 64,8                       | 11. 11. 86                            |
| Kosmos-1785                     |               | UdSSR | 15. 10. 86 | 1986-78A               | 3     | +                            | 608              | 39300           | 708                       | 62,8                       | 100 Jahre                             |
| Molnija 3 (Nr. 30)              |               | UdSSR | 20. 10. 86 | 1986-79A               | 3     | +                            | 645              | 38988           | 703                       | 62,9                       | 11 Jahre                              |
| Kosmos-1786                     |               | UdSSR | 22. 10. 86 | 1986-80A               | 5     | +                            | 198              | 2580            | 113,3                     | 64,9                       | 2 Jahre                               |
| Kosmos-1787                     |               | UdSSR | 22. 10. 86 | 1986-81A               | 6     | +                            | 215              | 950             | 89,3                      | 70                         | 4. 11. 86                             |
| Raduga-19                       |               | UdSSR | 25. 10. 86 | 1986-82A               | 5     | +                            | 36618            | 36618           | 1479                      | 1,3                        | Mill. Jahre                           |
| Kosmos-1788                     |               | UdSSR | 27. 10. 86 | 1986-83A               | 1     | +                            | 472              | 520             | 94,5                      | 65,9                       | 5 Jahre                               |
| Kosmos-1789                     |               | UdSSR | 31. 10. 86 | 1986-84A               | 7     | +                            | 196              | 516             | 80,5                      | 82,6                       | 14. 11. 86                            |





# Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

EVP 1,50

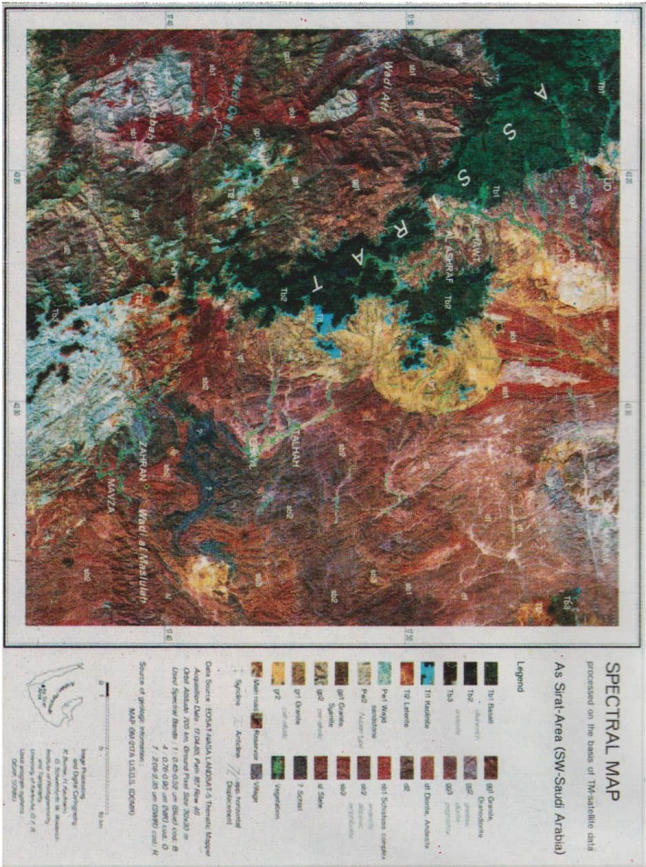
1987

6



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR





Unseren Lesern, Autoren und Mitarbeitern entbieten wir zum Jahreswechsel die besten Wünsche für ein erfolgreiches Jahr 1988.

# Astronomie und Raumfahrt

## Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentrale  
Kommission Astronomie und  
Raumfahrt

## Redaktion:

**Chefredakteur:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx; – **Verantwortl. Redakteur:**  
Ol. Heinz Albert  
**Astronomie:** Prof. Dr. sc. S.  
Marx, Dipl.-Phys. W. Häupl;  
– **Raumfahrt:** Prof. Dr. sc. D.  
Möhlmann, Uwe Schmaling;  
– **Philosophie/Geschichte:** Dr. J.  
Hamel; – **Amateure:** Ing. A. Grün-  
berg, Dipl.-Phys. J. Rendtel,  
StR A. Zenkert, B. Zill; –  
**Aus der Lit.:** J. Gasiecki; – **Re-  
zensionen:** Dipl.-Phys. M. Woche;  
**Red.-Sekr.:** Ing. W. Pohl  
**Zeichn.:** M. Schreiter

## Redaktionsort:

9630 Crimmitschau, PSF 61  
Straße der Jugend 8,  
Fernsprecher 3800

## Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“  
erscheint 1987 mit 6 Hefen.  
Bezugspreis im Abonnement,  
zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M.  
Bezug durch die Post oder den  
Buchhandel. Bestellungen aus  
dem Ausland sind zu richten an  
das Zeitungsvertriebsamt, Abt.  
Export, Straße der Pariser  
Kommune 3–4, Berlin 1004.  
Veröffentlicht unter Lizenznum-  
mer 1490 des Presseamtes beim  
Vorsitzenden des Ministerrates  
der DDR. Artikel-Nr. (EDV)  
523 des PZV.

## Umschlaggestaltung:

Roland Gruss, Crimmitschau

Manuskripte sind in doppelter  
Ausfertigung (Durchschlag) an  
den Redaktionssitz einzusenden.  
Für unverlangte Einsendungen  
wird keine Haftung übernommen.  
Die Redaktion behält sich vor,  
Beiträge zu kürzen bzw. zu be-  
arbeiten.

Der Nachdruck der in Astrono-  
mie und Raumfahrt veröffent-  
lichten Beiträge ist nur mit Zu-  
stimmung der Redaktion ge-  
stattet.

## Satz und Druck:

V/26/14 Fachbuchdruck Nbg.

# INHALT

25. Jahrgang (1987) Heft 6

|  |     |
|--|-----|
| Wolfgang R. Dick: 100 Jahre „Carte du Ciel“-Projekt. . . . .   | 162 |
| Jürgen Hamel: Edwin Rolf und seine Fernrohre. . . . .  | 166 |
| Hans-Peter Bähr: Nutzen und Auswirkung von Weltraum-<br>technik. . . . .   | 169 |
| G. Entzian, G. Schmitz: Erfassung und Interpretation me-<br>teorologischer Prozesse in der mittleren Atmosphäre. . . . . | 175 |
| Sonnenfleckenrelativzahlen Juli/August 1987 (SIDC und<br>AKS). . . . .   | 176 |

## Von Amateuren für Amateure

|   |          |
|---|----------|
| A. Dill: Abendsichtbarkeit der Venus 1988. . . . .  | 168      |
| Karl-Heinz Bücke: Die Zeit (Aus der Reihe „DATA“) . . . . .   | 177      |
| Herbert Scholze: Spiegelfernrohre II (Aus der Reihe „Das<br>Fernrohr des Sternfreundes“) . . . . .              | 178      |
| Rudolf Lösel: Nachführantrieb mit Schrittmotor. . . . .   | 181      |
| Karsten Kirsch: Komet Halley – Die Helligkeit nach dem<br>Periheldurchgang (3. Bericht des AK Kometen). . . . . | 183      |
| <b>Kurzberichte</b> . . . . .   | 174, 185 |
| <b>Beobachtungsanleitungen</b> . . . . .  | 188      |
| <b>Rezensionen</b> . . . . .  | 190      |

|  |       |
|--|-------|
| <b>Anzeigen · Vorschau auf Heft 1/1988 · Unsere Autoren</b> . . . . .  | 191   |
| <b>Raumfahrtstatistik 1986 III</b> (B. Priesemuth). . . . .            | 192   |
| <b>Astronomischer Beobachtungskalender 1988</b> (K.-H. Bücke). . . . . | Beil. |
| <b>Typenblatt: Sojus T 1–T 11</b> (J. Oehler, D. Röttler). . . . .     | Beil. |

Redaktionsschluß: 19. Oktober 1987

Auslieferung an den PZV: 29. Dezember 1987

## Bildseiten

**Titelbild:** Die Große Magellansche Wolke (LMC). In ihr wurde  
am 24. Februar die Supernova SN 1987 A entdeckt, die vier Tage  
nach dem Ausbruch in La Silla (Chile) mit dem 1 m-Schmidt-  
Teleskop der ESO fotografiert wurde (unser Bild).

**2. Umschl.-S.:** Auswertung einer LANDSAT-TM-Aufnahme für  
geologische Anwendungen (aus: Kaufmann/Schweinfurth, 1986).  
Lesen Sie unseren Beitrag S. 196, vgl. auch 3. Umschl.-S.!

**4. Umschl.-S.:** Totale Mondfinsternis 1986 Oktober 17.  
obere 3 Reihen: Ablauf der Finsternis in drei Abschnitten auf  
UT 18 fotografiert. Objektiv: 2,8/135; Belichtung jeweils 1 s  
(Aufnahmen von A. Knöfel).  
Dauerbelichtung von 18<sup>h</sup>20<sup>min</sup> bis 22<sup>h</sup>00<sup>min</sup> mit einem 35 mm-  
Objektiv, das auf 1:11 $\frac{1}{2}$  abgeblendet war. In der Mitte ist die  
Spur des total verfinsterten Mondes schwächer als die des Jupiter.  
(Aufn.: J. Rendtel)

unten: Foto zur Mitte der Totalität (20<sup>h</sup>20<sup>min</sup>) mit Objektiv  
5,6/500 mm auf einer Ib-Montierung; 20 s auf NC 21 belichtet.  
(Aufn.: J. Rendtel) den Textbeitrag bringen wir im Heft 1/88.

## 100 Jahre „Carte du Ciel“-Projekt

WOLFGANG R. DICK

1887 fand in Paris ein internationaler Kongreß für Astrofotografie statt, der den Anstoß zur Schaffung einer fotografischen Himmelskarte und eines Sternkatalogs gab. Das Gesamtprojekt, wegen des großen Anteils französischer Astronomen unter der Bezeichnung „Carte du Ciel“ („Himmelskarte“) bekannt, war das erste internationale Unternehmen großen Ausmaßes in der Astronomie. Zunächst auf rund zwei Jahrzehnte veranschlagt, hat es auch nach hundert Jahren noch keinen definitiven Abschluß gefunden. Da jedoch das vorhandene Material – Aufnahmen und Messungen – von großem wissenschaftlichen Wert ist, das mit modernen Mitteln besser als vor einigen Jahrzehnten genutzt werden kann, wurden in den letzten Jahren Anstrengungen zu einer Neubelebung des Projektes unternommen. Der einhundertste Jahrestag soll deshalb Anlaß sein, nicht nur die Geschichte, sondern auch die Perspektiven der Carte du Ciel aufzuzeigen.

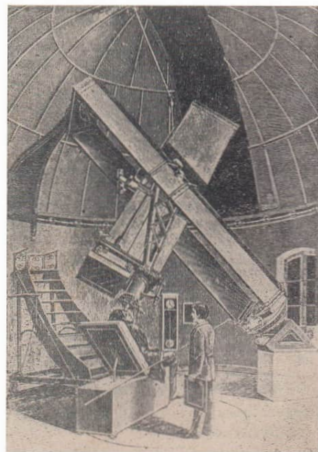
### Die Vorgeschichte

Wesentlich neue Untersuchungsmethoden und Ideen wurden oft außerhalb der führenden wissenschaftlichen Schulen eingeführt, und erst dann von den klassisch arbeitenden Forschern anerkannt, wenn ihre Vorzüge in ausreichendem Maße aufgezeigt waren. Ein Beispiel dafür ist auch die Anwendung der Fotografie in der Astronomie. Zwar hatte der berühmte französische Astronom D. F. J. Arago unmittelbar nach der Erfindung der fotografischen Abbildung durch Daguerre und Niepce von 1838 deren mögliche astronomische Anwendung aufgezeigt; die ersten Versuche mit der Daguerreotypie waren allerdings wenig ergiebig. Neben anderen unternahmen besonders drei Amateure hoher Qualifikation in den fünfziger und sechziger Jahren erfolgreiche Versuche mit der fotografischen Technik – die Amerikaner H. Draper und L. M. Rutherford sowie der Engländer W. de la Rue. Zunächst gelangen gute Aufnahmen des Mondes, später, als das Problem kurzer Belichtungszeiten gelöst war, auch der Sonne. Die Erfindung des Negativ-Positiv-Verfahrens und, am Ende der sechziger Jahre, der Bromsilbergelatine-Trockenplatte schufen bessere technische Voraussetzungen auch für die astronomische Fotografie. Trotzdem erfüllten sich die Hoffnungen verschiedener Astronomen nicht, beim Venusdurchgang 1874 mit Hilfe der Fotografie genauere Werte für die Sonnenparallaxe zu erhalten, so daß beim nächsten Durchgang von 1882 nur die amerikanischen Expeditionen mit fotografischer Technik ausgerüstet wurden.

Zur Aufnahme von Sternen waren wegen der langen Belichtungszeiten gute Nachführungs-

mechanismen an den Teleskopen notwendig, die an kleinen und privaten Sternwarten zu jener Zeit noch nicht zur Verfügung standen. Außerdem begrenzte das Naßverfahren die Belichtungszeit, so daß bis zur Mitte der siebziger Jahre nur vereinzelte Versuche hierzu unternommen wurden. Nachdem um 1880 verschiedene Astronomen erste befriedigende Ergebnisse erzielt hatten, gelang schließlich etwa 1885 der Durchbruch in technischer Hinsicht den Brüdern Paul und Prosper Henry auf der Pariser Sternwarte. Diese waren zwanzig Jahre zuvor als junge Leute eingestellt worden, um mit visuellen Beobachtungen an einer großen Karte der Umgebung der Ekliptik zu arbeiten, einem sehr mühseligen und langwierigen Unternehmen. Neben dieser Arbeit entwickelten sie hervorragende Fähigkeiten als Optiker und bauten schließlich einen fotografischen Refraktor, der hervorragende Abbildungen von Sternfeldern lieferte, die für eine Kartographie des Himmels geeignet schienen (s. Abb. 1). In wissenschaftlich-organisatorischer Hinsicht verhalf der Direktor der Pariser Sternwarte, Admiral E. B. Mouchez, dem Verfahren der Brüder Henry zur Anerkennung, indem er Aufnahmen an verschiedene Sternwarten versandte und bald darauf eine

Abb. 1: Die Brüder Paul und Prosper Henry an ihrem fotografischen Refraktor (aus [6]).





internationale Konferenz initiierte. Unterstützt wurde er durch den Direktor der Pulkowoer Sternwarte Otto Struve, den die Henryschen Aufnahmen überzeugten, und den Direktor der Sternwarte am Kap der guten Hoffnung David Gill, der selbst mit Aufnahmen zu einer fotografischen Karte des gesamten Südhimmels begonnen hatte.

## Das Projekt

Im April 1887 fand in Paris der Kongreß statt, der 56 Astronomen aus 19 Ländern vereinigte. Sie beschlossen die Schaffung einer fotografischen Himmelskarte mit den Sternen bis zur 14. Größenklasse und, auf Drängen der astrometrischen Spezialisten, auch eines Katalogs mit den Positionen der Sterne bis zur 11. Größe. Daß die Ausmessung von Fotoplatten genaue Sternkoordinaten liefern kann, hatten Untersuchungen von G. P. Bond und L. M. Rutherford gezeigt. Als einheitliches Aufnahmeinstrument wurde der „Normalastrograph“ nach dem Modell des von den Brüdern Henry konstruierten fotografischen Refraktors festgelegt. Der Doppelrefraktor mit zwei optischen Systemen in einem Rohr, von denen das eine zum Führen benutzt wird, liefert bei einer Öffnung von 33 cm und einer Brennweite von 3,4 m gute Abbildungen in einem Feld von reichlich  $2^\circ \times 2^\circ$  (Plattengröße 16 cm  $\times$  16 cm) mit einem Maßstab von 1'/mm. In einigen Sternwarten sind diese Astrographen bis heute in Benutzung.

Für Karte und Katalog sollten getrennte Serien von Aufnahmen mit verschiedenen Belichtungszeiten durchgeführt werden, jeweils so, daß der Himmel doppelt überdeckt wurde. Um Platten- und Kopierfehler auszuschließen, die das Aussehen von Sternabbildungen annehmen können, erhielten die Kartenaufnahmen drei Expositionen von je 30 min Dauer, wobei die drei Abbildungen jedes Sterns ein gleichseitiges Dreieck bildeten. Für die Katalogplatten waren drei Expositionen von 6 min, 3 min und 20 s vorgesehen. An diese Abmachungen hielten sich allerdings nicht alle Teilnehmer.

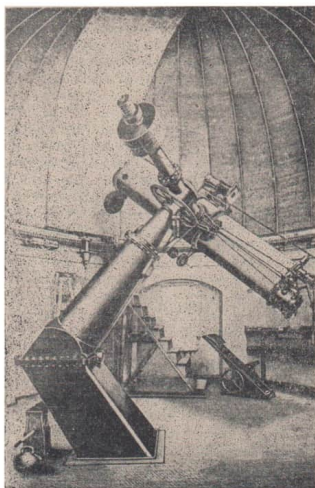
Da man zu jener Zeit noch keine Informationen über die Größe möglicher Verziehhungen der fotografischen Schicht besaß, wurde auf die Platten im Labor ein sogenanntes Réseau kopiert, eine versilberte Glasplatte mit einem eingravierten 5 mm-Liniennetz. Die abgebildeten Linien gestatteten, die Positionen der Sterne relativ zu ihnen zu messen, so daß auf lange Präzisionschrauben in den Meßapparaten verzichtet werden konnte, die systematische Meßfehler erzeugt hätten. Nach Jahren wurde klar, daß die Schichtverziehhungen genügend klein sind. Außerdem

wurden Meßapparate entwickelt, die auch größere Streckenlängen genau ermitteln können, so daß die Réseaus aus der fotografischen Astronomie verschwanden.

Zur Koordinierung der Arbeiten wurde ein Ständiges Komitee gebildet, dem stets der Direktor der Pariser Sternwarte vorstand. Es tagte 1889, 1891, 1896, 1900 und 1909 in Paris. Da bei der relativ geringen Feldgröße der Astrographen mehrere Instrumente zur Aufnahme des gesamten Himmels benötigt wurden, teilte das Komitee 1891 die Aufnahmen unter 18 Observatorien mit jeweils einer bestimmten Deklinationszone auf. In jeder Zone waren für Karte und Katalog jeweils über 1000 Platten, insgesamt etwa  $2 \times 22000$  Platten, zu exponieren. Die meisten Aufnahmen erfolgten zwischen 1893 und 1900.

Unter den teilnehmenden Sternwarten waren etliche kleine mit beschränkten finanziellen und personellen Möglichkeiten, was besondere Probleme schaffte. Die Sternwarte Pulkowo in Rußland, deren Direktor Otto Struve zunächst Interesse gezeigt hatte, beteiligte sich schließlich doch nicht am Projekt, kaufte allerdings später unter dem neuen Direktor Bredichin einen Nor-

Abb. 2: Der Normalastrograph des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam.





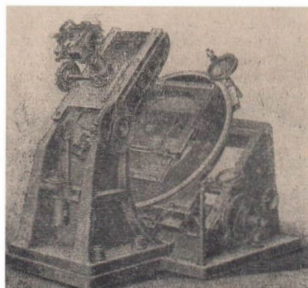


Abb. 3: Ein typisches Koordinatenmeßgerät für Astropplatten, wie es vor dem Ersten Weltkrieg in der fotografischen Astrometrie verwendet wurde.

malastrographen. Von den deutschen Sternwarten nahm nur das neugegründete Astrophysikalische Observatorium Potsdam (AOP) an dem Unternehmen teil (Abb. 2 u. 3). Neben der skeptischen Haltung der führenden deutschen Astronomen zur fotografischen Astronomie waren vermutlich auch politische Gründe ausschlaggebend. Nach dem Ersten Weltkrieg brach das AOP die Arbeiten ab, nachdem es bereits sieben Bände mit Sternpositionen veröffentlicht hatte. Die entsprechende Deklinationszone sowie die dreier anderer Sternwarten, die sich schon eher zurückgezogen hatten, wurden von anderen Observatorien übernommen. Auch von den Sternwarten der USA beteiligte sich keine am Projekt, da für sie bereits astrophysikalische Interessen im Vordergrund standen. In gewissem Grade kann das Zurückbleiben Europas in der astrophysikalischen Forschung auch der Carte du Ciel zur Last gelegt werden, die einen großen Teil der Kapazitäten band. Für Deutschland war dies allerdings nicht relevant.

## Erfolge und Mißerfolge

Die größten Probleme ergaben sich bei der Verwirklichung des Kartenteils. Für die drei Expositionen auf jeder Platte wurden etwa zwei Stunden klaren Nachthimmels benötigt, was in ungünstigen klimatischen Lagen nur selten gewährleistet ist. Sternwarten, die am Rand großer Städte gelegen waren, konnten wegen der Aufhellung des Nachthimmels und der daraus folgenden Schwärzung des Plattenhintergrundes keine solch langen Belichtungen ausführen. Als Folge

hiervon wurde keine einzige Doppelserie hergestellt, man begnügte sich mit einer einfachen Überdeckung der jeweiligen Deklinationszone. In vier Zonen wurden überhaupt keine Aufnahmen ausgeführt. Finanziell und technisch aufwendig war der Druck der Karten. Da man sich nicht auf die Beständigkeit von Fotopapier verlassen wollte, wurde auf Kupferplatten graviert. Dies war mit der erforderlichen Präzision nur in Frankreich möglich. Von einigen Zonen (z. B. Greenwich) wurden dann doch Reproduktionen auf Fotopapier veröffentlicht. Insgesamt liegen von etwa der Hälfte des Himmels Karten vor. Besonders nach dem Ersten Weltkrieg trat der Atlas gegenüber dem Katalog in den Hintergrund und spätestens seit der Fertigstellung des Palomar Sky Survey (PSS) 1959 verlor die eigentliche Carte du Ciel ihre Bedeutung vollständig. Der PSS-Atlas, aufgenommen mit dem großen Schmidt-Teleskop auf dem Mount Palomar in Südkalifornien, bildet mit einer Grenzreichweite von  $21^m$  den gesamten Himmel nördlich von  $-30^\circ$  in zwei Wellenlängenbereichen (Rot und Blau) ab. Wegen des großen Bildfeldes von  $6^\circ \times 6^\circ$  waren die Aufnahmen an einem Instrument möglich.

Im Gegensatz zur Himmelskarte fand der sogenannte Astrographische Katalog (AC) einen zumindest vorläufigen Abschluß durch die Publikation der Positionen von etwa zwei Millionen Sternen bis  $11^m$  für sämtliche Zonen. Der Astrographische Katalog ist damit das bisher umfangreichste Verzeichnis von Sternpositionen, er enthält außerdem Helligkeitsangaben. Im Vergleich dazu sind in den AGK3, dem heute meistverwendeten fotografischen Positionskatalog des Nordhimmels, 180 000 Sterne aufgenommen. Doch abgesehen von der Unhandlichkeit des AC – in den meisten Bänden sind nur rechtwinklige gemessene Koordinaten auf den Platten, nicht aber Äquatorialkoordinaten angegeben – beziehen sich die Koordinaten nur auf den Zeitpunkt der Aufnahmen und können wegen der unbekannten Eigenbewegungen dieser Sterne nicht auf einen anderen Zeitpunkt umgerechnet werden.

Mit den Mitteln der Fotografie können nur relative Positionen von Sternen bestimmt werden, relativ zu anderen Sternen mit bekannter Position (Referenzsterne). Dazu müssen auf einer Aufnahme genügend Referenzsterne vorhanden sein, um durch Interpolation („Ausgleichung“) mit zweidimensionalen Polynomen die Koordinaten der übrigen Sterne bestimmen zu können. Die Konstanten dieser Polynome, sogenannte Plattenkonstanten, sind im AC für jede Platte publiziert. Sie erlauben es, durch Transformation der Meßkoordinaten und anschließende Pro-

jektion auf die Himmelskugel Äquatorialkoordinaten aller Sterne zu bestimmen. Probleme traten ursprünglich wegen der oft ungenügenden Anzahl von Referenzsternen mit genau bekannten Positionen auf, so daß teilweise spezielle Beobachtungen mit Durchgangsinstrumenten notwendig wurden. Für die Potsdamer Zone sollten beispielsweise an der Sternwarte Babelsberg Beobachtungen von Referenzsternen ausgeführt werden. Die einzelnen verwendeten Referenzkataloge, u. a. der AGK1, wiesen nicht nur innere systematische Fehler auf, sie wichen auch systematisch voneinander ab. Neben den verschiedenen Meßmethoden in den einzelnen Zonen ist dies eine der Quellen von Inhomogenitäten im AC. Deshalb wurden um 1950 und in verstärktem Maße um 1970 mit Hilfe neuer Kataloge, besonders des AGK3, für etliche Zonen neue Plattenkonstanten bestimmt. Hierbei versuchte man gleichzeitig, systematische Verzerrungen in den Meßkoordinaten weitestgehend zu eliminieren. Solche Verzerrungen entstehen dadurch, daß die Objektive der Teleskope keine idealen Abbildungen liefern. Die Genauigkeit einer Sternposition im Katalog beträgt letztendlich  $0''.17$  bis  $0''.40$ .

Neben der Schaffung dieses Katalogs besteht das Hauptverdienst des „Carte du Ciel“-Projektes darin, die Anwendung der Fotografie in der Astronomie wesentlich forciert zu haben. Die gewonnenen Erfahrungen konnten bei anderen Unternehmungen genutzt werden. So wird die Reduktionstheorie der fotografischen Astrometrie, vor rund neunzig Jahren von J. Scheiner, H. H. Turner, W. Zurehellen u. a. ausgearbeitet, in ihren Prinzipien noch heute angewandt.

Als 1919 die Internationale Astronomische Union (IAU) gegründet wurde, übernahm ihre Kommission 23 die Koordinierung und Unterstützung der Arbeiten, an denen eine große Zahl von Astronomen beteiligt war. Besondere Verdienste erwarben sich die Kommissionsvorsitzenden H. H. Turner, Direktor der Sternwarte Oxford, der nach dem Ersten Weltkrieg die Arbeit vor allem am AC wiederbelebte, und der französische Astronom J. Baillaud, der nach 1945 Ähnliches leistete. An der Neuberechnung der Plattenkonstanten beteiligten sich vor allem die Hamburger W. Dieckvoß, A. Günther und H. Kox, der französische Astronom P. Lacroute und der aus Österreich stammende Amerikaner H. Eichhorn. 1964 konnte auf der Generalversammlung der IAU die Fertigstellung der letzten Bände des Katalogs verkündet werden. Auf der Generalversammlung von 1970 wurde die Kommission „Carte du Ciel“ aufgelöst, anfallende Fragen werden seitdem von der Kommission für fotografische Astronomie behandelt.

## Perspektiven

Bereits anlässlich der Auflösung der IAU-Kommission 23 wurde auf die weiteren Perspektiven der Arbeit am Astrographischen Katalog hingewiesen. Hauptaufgabe bleibt die Bestimmung von Eigenbewegungen für die Katalogsterne. In einzelnen Feldern wurde bereits für die Berechnung von Eigenbewegungen vom AC Gebrauch gemacht, in großem Umfang hängt die Realisierung von geeignetem neuen Plattenmaterial und dessen Ausmessung ab. Mehrere große Projekte kommen dabei in Frage. So ist am US Naval Observatory in Washington die Aufnahme des nördlichen Himmels abgeschlossen, die Aufnahme des Südhimmels mit demselben, umgesetzten Teleskop ist noch im Gange. In der UdSSR ist man dabei, an einigen Sternwarten den Himmel mehrfach mit Astrographenaufnahmen zu überdecken. Auch der Katalog, der mit Hilfe von Kopien der PSS-Platten und analoger Survey-Aufnahme der Siding Spring Observatory (Australien) für das geplante Space Telescope erstellt wird, kann als Quelle herangezogen werden. Er wird die Positionen von etwa 40 Millionen (!) Sternen mit einer Genauigkeit um  $0''.3$  enthalten. In allen Fällen erfolgt die Ausmessung der Platten mit automatischen Geräten. Solche modernen Koordinatenmeßgeräte bieten auch die prinzipielle Möglichkeit, die Platten des AC neu und die noch nicht genutzten Cds-Platten erstmals zu vermessen. Neben der Genauigkeit der Meßkoordinaten ließe sich damit die Zahl der Katalogsterne erhöhen. In den meisten Zonen sind die Platten gut erhalten. Die Potsdamer Originalaufnahmen wurden zerstört, als im Zweiten Weltkrieg eine Luftmine auf dem Gelände des AOP explodierte. Erhalten sind hier nur die Platten einer leider unvollendeten neuen Aufnahmeserie, die auf Anregung von Karl Schwarzschild zwischen 1913 und 1924 zur Ableitung von Eigenbewegungen gewonnen wurden.

Eine Neuausgleichung der AC-Meßkoordinaten wird dann möglich sein, wenn noch genauere Äquatorialkoordinaten von Referenzsternen zur Verfügung stehen werden. So soll z. B. der geplante westeuropäische Astronomie-Satellit Hipparcos, wenn er sicher auf eine geostationäre Umlaufbahn gebracht werden kann und mehr als zwei Jahre arbeiten wird, zu Beginn der neunziger Jahre Koordinaten und Eigenbewegungen von über 100 000 Sternen mit einer Genauigkeit von  $0''.002$  bzw.  $0.002''/\text{Jahr}$  liefern. Von großem Vorteil ist, daß dieses System von Koordinaten in sich sehr homogen, d. h. weitestgehend frei von systematischen Fehlern sein wird. Um systematische Fehler zu vermeiden, die

bei der Ausgleichung der Meßkoordinaten entstehen können, läßt sich die überlappende Anordnung der AC-Platten ausnutzen. Nach einer von H. Eichhorn 1960 vorgeschlagenen Methode wird in die Rechnung die Bedingung eingeführt, daß eine berechnete Sternposition auf verschiedenen Platten den gleichen Wert annehmen muß. Hierzu sind allerdings alle Gleichungen für sämtliche Platten gleichzeitig zu lösen, was nur auf sehr großen Rechenanlagen möglich ist. Die vor fast hundert Jahren mehr intuitiv gewählte Anordnung der Aufnahmen, bei der jede Plattenecke mit dem Zentrum einer anderen Platte zusammenfällt, hat sich unter modernen Gesichtspunkten als überaus glücklich erwiesen. Die Genauigkeit der Bestimmung von Eigenbewegungen hängt direkt von der Zeitspanne ab, die zwischen den ersten und den wiederholten Aufnahmen liegt, da sich die Orte der Sterne nahezu linear mit der Zeit ändern. Der Wert des Astrophysikalischen Katalogs und seiner Platten liegt deshalb in dem weit zurückliegenden Aufnahmezeitpunkt. Genaue Eigenbewegungen von zwei Millionen Sternen, sofern sie sich durch geeignete Reduktion auf ein Inertialsystem beziehen, würden unsere Kenntnis der Bewegungen im Milchstraßensystem wesentlich verbessern. Die bisher genauesten stellarstatistischen Größen sind aus den 180000 Eigenbewegungen des AGK3 abgeleitet.

Ein besonderes Problem bei der Bearbeitung des AC besteht noch darin, daß die Daten aus den gedruckten Katalogen in eine maschinenlesbare Form gebracht werden müssen. Solange noch keine billigen und sicheren Systeme der automatischen Zeichenerkennung zur Verfügung stehen, muß die Übertragung durch mühseliges Eingeben von Hand erfolgen. Bisher hat nur P. Lacroute für die französischen AC-Zonen eine solche Arbeit unternommen. Die Daten sind auf Magnetbändern im Sterndatenzentrum Strasbourg gespeichert.

Eine kürzlich von H. Eichhorn und dem Direktor des Sterndatenzentrums, C. Jaschek, durchgeführte Umfrage unter den ursprünglich am „Carte du Ciel“-Projekt beteiligten Sternwarten hat ergeben, daß großes Interesse an einer Bearbeitung des vorhandenen Materials besteht, daß aber technische und finanzielle Probleme den Umfang der Arbeiten einschränken, welche trotz automatischer Meßgeräte und moderner Rechenanlagen sehr aufwendig sein werden. Auf dem anläßlich des Jubiläums 1987 von der IAU organisierten Symposium in Paris „Mapping the Sky – Past Heritage and Future Direction“ stand auch die Diskussion um die Weiterführung des vor einhundert Jahren begonnenen großen Projektes auf der Tagesordnung.

Lit.: [1] Couderc, P.: Historique de la Commission de la Carte du Ciel. Transactions IAU, Vol. XIV B. Dordrecht 1971, 179–178. – [2] Eichhorn, H.: Astronomy of Star Positions. New York 1974, 279–323. – [3] Eichhorn, H.: Comprehensive Star Catalogues. Bull. Inform. CDS 27 (1984) 21–37. – [4] Herrmann, D. B.: Geschichte der modernen Astronomie. Berlin 1984, 92–95. – [5] Jaschek, C.: The Astrophysical Catalogue and the Carte du Ciel. Bull. Inform. CDS 27 (1984) 197–201, 28 (1985) 169–170, 29 (1985) 61–66. – [6] Lankford, J.: The impact of photography on astronomy. In: The General History of Astronomy, Vol. 4, Cambridge et al. 1984, 16–39. – [7] Scheiner, J.: Die Photographie der Gestirne. Leipzig 1897, 257–338. – [8] Turner, H. H.: The Great Star Map. London 1912.

\*

## Edwin Rolf und seine Fernrohre

Meine Frage nach der Sternwarte Rathenow wird am Bahnhof rasch beantwortet. Man weist mit den Weg und meint, „das Rohr“ würde ich dann schon sehen. Die Rathenower kennen Herrn Edwin Rolf und seine Fernrohre. Tatsächlich erspart mir „das Rohr“ auf der letzten Wegstrecke den Blick auf die Hausnummern.

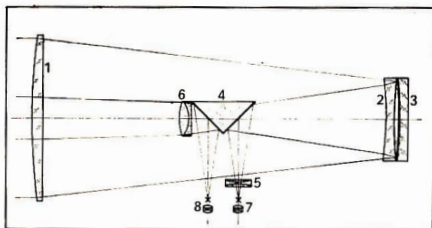
Dann sitze ich Herrn Rolf und seiner Frau in der Wilhelm-v.-Leibniz-Str. 22 gegenüber und Herr Rolf beantwortet meine neugierigen Fragen mit Sachkunde. Sein Alter (Jahrgang 1899!) merke ich ihm nicht an. Frau Rolf legt mir eine Fotodokumentation vor. Mehrere hundert Blätter belegen jeden Arbeitsschritt am Bau der Sternwarte Rathenow mit ihren einmaligen Instrumente. So bin ich rasch informiert und einzelne Fotografien geben Anlaß zu „Hintergrundinformationen“ – der Blick aus dem Fenster Vergleichsmöglichkeiten mit dem heutigen Aussehen der Instrumente (vgl. Bild-S. II, III). Äußerlich beherrschend ist der Refraktor 700/20800. Der umgelenkte Lichtstrahl ermöglicht eine stark verkürzte Brennweite; das im Schnittpunkt beider Achsen befindliche feststehende Okular einen in allen Lagen des Gerätes bequemen Einblick und einen unkomplizierten Anbau vom Zusatzgeräten.

Die technische Lösung des „Medial“ (s. Abb.) ist beeindruckend – für mich vor allem durch die Schaffung eines langbrennweitigen Instruments, das durch seine Konstruktion eine so raumsparende Gestaltung erhielt, daß es auch in einem kleineren Reihenhaushausgarten Aufstellung finden kann – natürlich ohne Kuppelbau. Platzsparend und relativ (!) kostengünstig – Anreiz für den Nachbau? Ohne Zweifel, doch setzt die Herstellung des Objektivs und der nicht handelsüblichen Springfield-Montierung erhebliche Kenntnisse und praktische Fähigkeiten in Optik und Mechanik voraus. Der Ingenieur Edwin Rolf besitzt beides.



Schema des verkürzten Medials mit konzentrischem Leit- und Suchfernrohr.

(1) Objektivlinse aus Kronglas - (2) Kompensationslinse aus Leichtflintglas - (3) Konkavspiegel der Kompensation - (4) doppelter elliptischer Planspiegel - (5) dreifachiges Zusatzsystem zur Beseitigung des Farbenvergrößerungsfehlers - (6) zweites Glied des Leit- und Suchfernrohres, das in Verbindung mit der Objektivlinse das Sucherobjektiv bildet - (7) auswechselbares Okular, das mit dem Zusatzsystem, auf gemeinsamen Kreuzschlitten montiert, zur Zentrierung des Hauptsystems dient und durch entsprechende Einstellung die Aufhebung der Dispersion der atmosphärischen Refraktion bewirkt. - (8) Weitwinkelokular des Leit- und Suchfernrohres.



Schon in seiner Heimat, in Kottwitz im Riesengebirge (heute Chotěvice b. Hostine, ČSSR), baute der junge Mann seine ersten Fernrohre. Das waren bereits anspruchsvolle Instrumente, Spiegelteleskope mit einem Durchmesser von 24 cm und einer Brennweite von rd. 2 m. Alles war Eigenbau, Spiegel ebenso wie Montierung. Durch Vorträge und Beobachtungsabende war Edwin Rolf, Inhaber einer kleinen, vielseitig tätigen Maschinenbauwerkstatt, ein bekannter Mann. Schon damals verzichtete Herr Rolf auf spezielle Schutzbauten. Ein erster Versuch mit einer Kuppel (in einem Bild fast fertig zu sehen) konnte nicht zu Ende geführt werden. Herr Rolf mußte Kottwitz verlassen. Der Grund war ein astronomischer Vortrag im Sender Prag 1938, in dessen Verlauf Herr Rolf die Meinung äußerte, man könne mit einem Fernrohr der Menschheit mehr als mit hundert Kanonen dienen.

Edwin Rolfs humanistische Haltung erschien den Henlein-Faschisten im Jahr vor dem Überfall Nazideutschlands auf die Tschechoslowakei überaus störend für ihre Pläne. Als Herr Rolf dann auch die Leitung eines unter faschistischer Aufsicht stehenden Betriebes ablehnte, war er in seiner Heimat nicht mehr sicher.

In seinem Unglück hatte E. Rolf Glück. Auf einer Konferenz an der Sternwarte Breslau lernte er den Direktor der Emil Busch AG in Rathenow kennen, der an dem begabten Ingenieur Interesse gewann und ihn zu sich einlud. So kam E. Rolf 1940 an den Ort seines langjährigen Wirkens, zunächst als Leitender Ingenieur der Emil Busch AG, in der Ferngläser, kleine Fernrohre, Mikroskope und andere optische Systeme gefertigt wurden.

Ende der 40er Jahre faßte E. Rolf den Plan, große Geräte für die Amateurtätigkeit zu konstruieren. Am 2. Okt. 1949 wurde der erste Spatenstich für das große Medial getan.

Beruflich orientierte sich Edwin Rolf auf das traditionsreiche Astrophysikalische Observatorium auf dem Potsdamer Telegraphenberg. Für die dortigen Instrumente entstand im Rolfschen Haus im Eigenbau eine Vakuumverspiegelungsanlage für Spiegeldurchmesser bis zu 1 m - es war die erste Anlage in unserem Land.

Aus Potsdam kam auch der Auftrag, die Qualität einer Schmidt- und einer Maksutow-Kamera gleicher optischer Dimensionen (540/700/1500) miteinander zu vergleichen. Herr Rolf stellte eine im wesentlichen identische Abbildungsqualität fest. Diese Ergebnisse gingen ein in die Entscheidung für den Instrumententyp des geplanten Großteleskops der Akademie der Wissenschaften, das dann als größte Himmelskamera (Schmidt-Teleskop) in Tautenburg seine Aufstellung fand. Die beiden Himmelskameras bilden gemeinsam mit einem Leitfernrohr 310/6200 nach dem Medial den zweiten Instrumentenkomplex in Rathenow.

Neben der exakt ausgeführten wissenschaftlichen Zielstellung eröffneten sich hervorragende Möglichkeiten der Astrofotografie, die Edwin Rolf vor allem in seinen zahlreichen Vorträgen und in Ergänzung zu visuellen Beobachtungen mit Schulklassen, Brigaden oder anderen Interessenten von Nutzen waren.

Der Bau solcher Instrumente setzt natürlich den Betrieb leistungsfähiger Werkstätten voraus. Doch wer bei Herrn Rolf außer Schleifbank, Drehbank und ähnlichen Dingen einen großen Maschinenpark erwartet, der irrt. Berufserfahrung, Fingerpitzengefühl, Ideenreichtum, Begeisterung für Beruf und Hobby hat Herr Rolf stets höher geschätzt.

Als jüngstes Instrument der Sternwarte kam ein Schiefspiegler 220/3300 zur Aufstellung. Was hält E. Rolf von diesem, noch immer viel diskutierten, aber wenig verwendeten Instrumenten-



typ? Auch hier hat der gelernte Ingenieur, der stets ein „Bastler“ im qualifizierten Sinne blieb, Lösungen gefunden, um Abbildungsfehler zu kompensieren. Sein Rezept: die Erzeugung mechanischer Spannungen durch eine Stellschraube an der Rückwand des Korrekturspiegels ( $\varnothing 88$  mm). Das Resultat ist ein fehlerfreies Bild.

Auch für einige andere Sternwarten war E. Rolf tätig. Für die Archenhold-Sternwarte z. B. fertigte er ein 5-Prismen-Spektroskop zur Sonnenbeobachtung an, das bis heute tausenden von Besuchern einen Einblick in die Natur unseres Zentralgestirns ermöglichte.

Eigene Lösungen finden sich überall bei Edwin Rolf, mit denen er immer wieder „problematische“ Instrumententypen, wie Medial und Schiefspiegler testete (ich rede gar nicht von Geräten zur Farbfotografie und anderen nichtastronomischen Dingen, die zu besichtigen waren). Auf diesem Gebiet ist E. Rolf für viele Amateure immer wieder ein gefragter Gesprächspartner. Die Wirkung eines Mannes und seines Werkes läßt sich eben nicht allein nach der Anzahl seiner Publikationen messen.

Dies war mein erster Besuch in der Sternwarte Rathenow und als ich noch einmal zurückblicke zum „Rohr“ fällt mit ein, wie oft und mit Recht ich den Großen Treptower Refraktor 680/21 000 als das längste Lisenferrohr der Erde und Objekt der Zentralen Denkmalliste der DDR bezeichnet habe – in Rathenow bei Edwin Rolf fehlen ganze 20 Zentimeter!

J. HAMEL

Zu den Abbildungen der Bildseiten II und III

**Bild-S. II, oben:** Sternwarte Rathenow von Westen mit Medial 700/20 800 mm, Kombinationsinstrument und Schiefspiegler im Vordergrund.

**unten:** Links das Kombinationsinstrument aus Makustov-Kamera 540/700/1 500 mm, Refraktor 310/6 200 mm und Schmidt-Kamera 540/700/1 500; rechts das Medial 700/20 800 mm auf Springfield-Montierung.

**Bild-S. III, oben:** Edwin Rolf in seiner optischen Werkstatt.

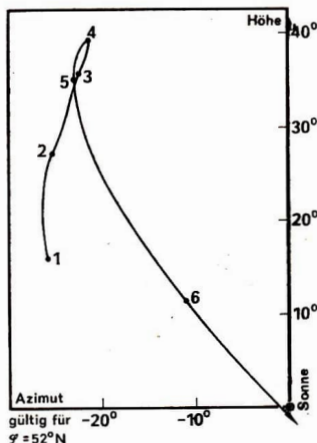
**unten II:** E. Rolf an seinem Schiefspiegler 180/3300 mm. Die symmetrische Aufhängung zwischen den Gabelholmen schützt das Instrument vor Deformationen, die bei unterschiedlichen Fernrohrlagen eintreten können und die den Justierzustand verändern würden.

**unten re.:** Man erkennt die zueinander geneigte Anordnung von Hauptokular und Großfeldsucher entsprechend der Schiefe in der Knickung des Strahlenganges. Das Rolfsche Instrument beinhaltet einen Refraktor 80/1200 mm neben dem Schiefspiegler und einen gebrochenen Kometensucher quer zur Beobachtungsrichtung. – Fotos: Rolf (1), Roloff (4)

## Abendsichtbarkeit der Venus 1988

| Datum<br>1988 | Azimet<br>Sonne-<br>Venus | AQ<br>bei SU | Datum<br>1988 | Azimet<br>Sonne-<br>Venus | AQ<br>bei SU |
|---------------|---------------------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------|
| Jan 1         | -25,9                     | +16,0        | Apr 1         | -21,5                     | +39,4        |
| 12            | 26,2                      | 20,0         | 13            | 22,1                      | 38,5         |
| 20            | 26,4                      | 22,9         | 21            | 22,6                      | 37,1         |
| Feb 1         | 25,3                      | 27,3         | Mal 1         | 23,1                      | 34,3         |
| 13            | 23,8                      | 31,2         | 11            | 21,6                      | 29,1         |
| 21            | 23,1                      | 33,5         | 19            | 19,1                      | 23,4         |
| Mrz 1         | 22,6                      | 35,9         | Jun 1         | -11,2                     | +11,2        |
| 12            | 21,5                      | 37,8         | 12            | + 0,3                     | - 1,1        |
| 20            | -21,5                     | +38,9        |               |                           |              |

In der Graphik sind die Monatsanfänge mit der Nummer des entsprechenden Monats gekennzeichnet. A. D.





## Nutzen und Auswirkung von Weltraumtechnik

**Gezeigt am Beispiel der Entwicklung von Fernerkundung in der Bundesrepublik Deutschland**

HANS-PETER BÄHR

Aufgabe des vorliegenden Beitrages soll sein, an einem überschaubaren Beispiel die direkte Nutzung und den indirekten Nutzen der Weltraumtechnik exemplarisch darzustellen. Dabei geht es besonders darum, den Mechanismus der technisch-wissenschaftlichen Entwicklung mit seinen Sekundäreffekten herauszuarbeiten. Wir gehen dabei von der Annahme aus, daß ähnliche technologische Randbedingungen in verschiedenen Ländern zu ähnlichen konkreten Realisierungen und Abläufen führen.

### Voraussetzungen für Fernerkundung in der Bundesrepublik Deutschland

Zumindest in den Ländern der westlichen Welt bedeutete der Start des ersten Erderkundungssatelliten LANDSAT-1 (USA, 1972) den Beginn von Fernerkundungsanwendungen auf breiter Basis. Die Bundesrepublik Deutschland entschloß sich damals, keinen eigenen Erderkundungssatelliten zu bauen, obwohl die Industrie entsprechende Planungsstudien für einen „Geowissenschaftlichen Satelliten“ vorgelegt hatte. Das Grundkonzept der Regierung, vertreten durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) besteht noch heute: Die Entwicklung von Weltraumtechnik erfolgt in erster Linie multilateral im Rahmen der „European Space Agency (ESA)“ oder auch bilateral wie z. B. über Mitfluggelegenheiten bei US-Raumflügen.

Die extrem hohen Kosten der Weltraumflüge führen noch zu einem weiteren Konzept: Das BMFT fördert Forschung und Entwicklung, bis die Arbeiten einer kommerziellen Nutzung so

nahegebracht sind, daß sie ohne staatliche Hilfe weiterlaufen können. Beispiele hierzu sind natürlich die Kommunikationssatelliten, aber auch die Wettersatelliten. Der Betrieb von METEOSAT-Satelliten, seit Anfang der 70er Jahre vom BMFT mitfinanziert, obliegt seit 1983 voll der „EUMESAT“ – Nutzerorganisation. Die Finanzierung von Erderkundungssatelliten stößt offenbar auf größere Schwierigkeiten, wie die stetig gestiegenen Kosten für LANDSAT-Magnetbänder zeigen (1986 US \$ 3400 pro TM-Szene 185 km × 185 km).

Neben den LANDSAT-Aufnahmen sind seit Anfang 1986 Aufnahmen des französischen SPOT-Satelliten verfügbar. Sie zeichnen sich durch höhere geometrische Auflösung (bis 10 m Bodenelement) und Möglichkeit zur Stereobetrachtung aus, doch bestehen ebenfalls Finanzierungsprobleme. Sowohl bei LANDSAT als auch bei SPOT werden durch den Verkaufspreis des Bildmaterials die Entstehungskosten noch nicht einmal annähernd gedeckt. Die Bundesrepublik Deutschland ist am SPOT-Programm nicht beteiligt, was als Nachteil angesehen wird, denn der wissenschaftspolitische Nutzen verspricht hoch zu sein.

Wir stellen fest, daß in allen Ländern, die Weltraumtechnologie für Fernerkundung nutzen, „Fernerkundungszentren“ eingerichtet werden, so z. B. in Frankreich das GDTA („Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale“), in Brasilien des INPE („Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais“), in der Bundesrepublik Deutschland bei der DFVLR („Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt“). Bei der traditionsreichen DFVLR in Oberpfaffenhofen bei München ist das DFD („Deutsche Fernerkundungs-Datenzentrum“) nur eine neugegründete „Unterabteilung“, doch zieht die DFVLR die meisten Weltraumaktivitäten der BRD an sich. Den „Fernerkundungszentren“ in aller Welt obliegt in der Regel nicht nur Planung und Management für alles, was mit Fernerkundung zusammenhängt, sondern auch Forschung, Entwicklung bis hin zu Produktion und Marketing. Eine

solche zentrale Stelle bringt in den einzelnen Ländern sowohl Vor- als auch Nachteile, wie eine Verwaltungszentralisierung überhaupt: Wirtschaftliche Zusammenfassung der Aktivitäten, guter Informationsfluß bei hierarchischer Gliederung, eindeutige Zuständigkeiten für den Nutzer stehen auf der Positivseite, Gefahr einer Beschränkung von „Know-How“ auf eine einzige zentrale Stelle, Verlust flexibler Anpassung an den Bedarf der Praxis und langfristige Nachwirkungen von Fehlplanungen auf der Negativseite. Die DFVLR ist in diesem Sinne noch nicht zu einem echten Fernerkundungszentrum geworden wie das zitierte GDITA und das INPE, doch gehen Bestrebungen dahin (H. HÄBERLE 1984) was von den Nutzern nicht ausgeschlossen wird Freude registriert wird. Eine gesunde Mischung zwischen zentraler Datenakquisition und dezentraler Datenverarbeitung erscheint als der beste Weg, Anwendungen der Fernerkundung auf breiter Basis zu fördern. Ein Beispiel für einen guten Ansatz hierfür ist das „Flugzeugmeßprogramm“ des BMFT (1975/77), welches weiter unten dargestellt wird.

Wie sich beim Nutzer an der Basis der Wunsch nach Unabhängigkeit von einer zentralen Datenverarbeitung herausbildet, so erkennen wir auf nationaler Ebene ebenfalls den Wunsch, von fremden Weltraumprogrammen unabhängig zu sein, was wegen des enormen finanziellen Einsatzes natürlich nur bedingt realisiert werden kann. Den in der ESA zusammengeschlossenen europäischen Ländern Frankreich (26,6 %), Bundesrepublik Deutschland (22,6 %), Italien (13,7 %), Großbritannien (11,8 %), Belgien, Dänemark, Irland, Niederlande, Spanien, Schweden und Schweiz (in Klammern Prozentanteile des Haushaltes 1986 von 2,2 Milliarden DM) wurde durch die Serie von Raumfahrt-Unfällen der USA deutlich vor Augen geführt, wie wichtig beispielsweise die Verfügbarkeit einer eigenen Trägerrakete ist, der ARIANE-2. Die ARIANE, auf Betreiben Frankreichs durch die ESA entwickelt, wurde zum ersten Mal 1979 gestartet. Sie hat sich in den vergangenen Jahren als relativ zuverlässiges Vehikel erwiesen (78 % erfolgreiche Starts). In das Bewußtsein einer breiten Öffentlichkeit drang sie im Zusammenhang mit der europäischen GIOTTO-Sonde zur Erforschung des Halley-Kometen im Jahr 1986. Aber auch der Erderkundungssatellit SPOT war mit einer ARIANE von Kourou/Frz. Guayana aus gestartet worden, dem ESA-Raumfahrtzentrum 5 Grad nördlich des Äquators. Bemerkenswert ist, daß für die ARIANE ebenfalls das oben erläuterte Konzept gilt: Letztendlich wird eine kommerzielle Nutzung angestrebt, die hier in Händen von „Arianespace“ liegt, einer Aktien-

gesellschaft, der u. a. fast alle westeuropäischen Raumfahrtfirmen angehören. Offenbar geht die Rechnung auf.

## Plattformen und Sensoren für die Satelliten-Fernerkundung

Fernerkundung der Erde auf der Basis von Ballonen erfolgt vom Flugzeug oder vom Satelliten aus. Wegen der mit hohem finanziellen Aufwand verbundenen nationalen und internationalen Satellitenprogrammen steht heute die Satelliten-Fernerkundung im Mittelpunkt der Anwendung. Vorteile dabei sind – neben (zunächst!) zentraler staatlicher Finanzierung – langfristige, globale und kontinuierliche Verfügbarkeit mit dem positiven Effekt der Entwicklung von Standardverfahren bei der Datenaufbereitung und -auswertung. Dem stehen als Nachteile gegenüber die Abhängigkeit der Länder von der Aufnahme ihres Territoriums durch andere, relativ grobe geometrische Auflösung und überhaupt ein weitgehend starres System bei der Datenerfassung.

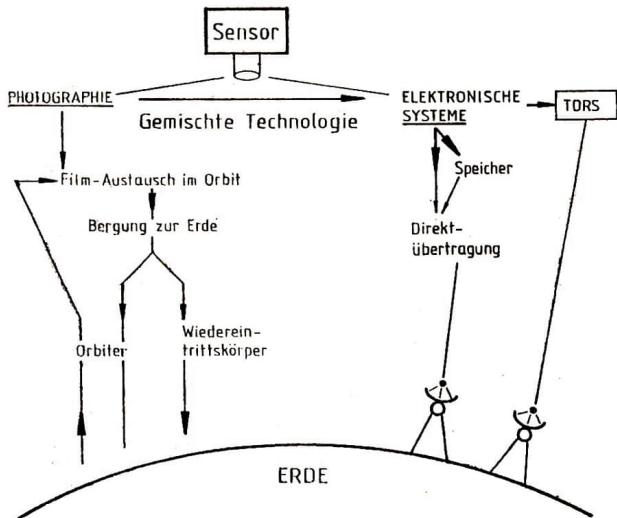
Tab. 1 stellt Anforderungen zusammen, die an Bahnen von Erderkundungssatelliten gestellt werden, und zwar für den in der Regel erwünschten nicht-geostationären Fall. Danach gibt es keine „ideale“ Bahn, vielmehr sind die Bahnparameter stark korreliert, so daß immer ein Kompromiß akzeptiert werden muß.

Bei den Sensoren auf den Plattformen dominieren im optischen Spektralbereich bildzeugende elektronische Systeme, die während der Vorwärtsbewegung des Satelliten auf seiner Bahn die Erdoberfläche seitlich zur Satellitenspur mechanisch oder elektronisch abtasten, was zu kontinuierlichen Streifen führt („dynamische“ Aufnahmesysteme). Die Alternativen sind, neben Mikrowellen (Radar), konventionelle Kameras. Abb. 1 zeigt in vereinfachter Form die verschiedenen Möglichkeiten. Mit der „METRIC CAMERA (MC)“ war es gelungen, eine photographische Meßkamera von ZEISS-Oberkochen bei einer Spacelab-Mission der USA mitzuführen (STS-9 im Jahre 1983). Photographische Kameras im Weltraum bieten in mancher Hinsicht eine günstige Alternative zu elektronischen Systemen: hohe geometrische Stabilität und Auflösung, kostengünstige Vervielfältigung und Weiterverarbeitung mit erprobten Verfahren. Damit sind Kameras vorzüglich für kartographische Zwecke geeignet (G. Konecny et al. 1979). Das zeigen auch erfolgreiche Entwicklungen der Sowjetunion und der DDR (vgl. Sojus-22 erforscht die Erde, 1980). Kameraeinsatz im Weltraum hat übrigens in West und Ost dazu geführt, daß seit kurzem auch photographische Kameras in Flugzeugen mit einer

|  | Konstante Wiederholungsperioden | Hohe Informationsauflösung               | Lange Lebensdauer des Satelliten | Konstante Beleuchtungsverhältnisse                           | Konstanter Aufnahmemaßstab | Lückenlose Bedeckung der Erdoberfläche      |
|--|---------------------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------|---|
| Lückenlose Bedeckung der Erdoberfläche |                                 | ×  |                                  | ×  |                            | Polarbahn; i nahe 90°, große Streifenbreite |
| Konstanter Aufnahmemaßstab             | ×                               |  |                                  |  | Kreisbahn $e \sim 0^\circ$ |   |
| Konstante Beleuchtungsverhältnisse     |                                 |  |                                  | Sonnensynchrone Präzession, legt i fest; N = natürliche Zahl |                            |   |
| Lange Lebensdauer des Satelliten       |                                 | ×  | Große Flughöhe                   |  |                            |   |
| Hohe Informationsauflösung             |                                 | Kleine Streifenbreite, niedrige Flughöhe |                                  |  |                            |   |
| Konstante Wiederholungsperioden        | Variation der Umlaufzeit        |  |                                  |  |                            |   |

Tab. 1: Anforderungen an Bahnen von Erderkundungssatelliten und Möglichkeiten zur Verwirklichung (Diagonale). Mit Kreuzen markierte Felder weisen auf Widersprüche bei den Anforderungen hin

Abb. 1: Aufnahmesystem im Weltraum (aus BÄHR 1985)





Bildbewegungskompensation zur Erhöhung der geometrischen Auflösung eingesetzt werden. Dies ist ein anschauliches Beispiel für eine Wechselwirkung von konventioneller Technologie mit Weltraumtechnologie.

Kameras im Weltraum haben allerdings den Nachteil, daß sie für abschbare Zeit noch an bemannte Weltraummissionen gebunden sein werden. Im Lichte des Challenger-Unglücks erscheint dieser Nachteil als besonders gravierend. Aber selbst ohne diese Einschränkung für Kameras spricht vieles für elektronische, „digitale“ Bildaufnahme-systeme auch im optischen Bereich: flexible telemetrische Übertragung der Bilddaten an jeden Ort der Erdoberfläche, fast beliebige Steigerung der radiometrischen Auflösung, aber vor allem: *unmittelbare digitale Weiterverarbeitung der Originalinformation*. Der letztgenannte Punkt wird nur dort zum Nachteil, wo digitale Bildverarbeitung nicht oder erst in beschränktem Umfang möglich ist.

Die Entwicklung der Fernerkundung in der BRD orientierte sich, wie schon erwähnt, ab 1972 am LANDSAT-Bildmaterial; hinzu kam eine Unterstützung durch das Flugzeugmeßprogramm (FMP) des BMFT Mitte der 70er Jahre, worauf noch im folgenden Abschnitt eingegangen werden wird. In jedem Fall war es die Verfügbarkeit auf Magnetband gelieferter *digitaler* Bilddaten, welche den eigentlichen Fortschritt gegenüber konventioneller Bildauswertung, etwa klassischer Photointerpretation, ausmachte: Nicht nur die Bildgeometrie, sondern auch die Bildsemantik kann nun mit digitaler Bildverarbeitung am Rechner *quantitativ* bearbeitet werden, anfangen von simplen Kontrastveränderungen bis hin zu multispektraler Klassifizierung auf der Basis mehrdimensionaler statistischer Gesetze, die übrigens auch in ganz anderen Bereichen angewendet werden, wie in der Ausgleichsrechnung des Vermessungswesens (vgl. Bähr 1985). Daß dabei schnelle Rechner eingesetzt werden müssen mit geeigneter Peripherie, daß Dialogsysteme gebraucht werden und die Softwareentwicklung im Zentrum fernerkundlicher Forschungen steht, folgt konsequent aus der Verwendung digitaler Bilddaten. Der Mechanismus einer technisch-wissenschaftlichen Entwicklung im Bereich der Weltraumtechnik wird beim Betrachten von Plattformen und Sensoren der Fernerkundung deutlich: Der Wunsch nach globaler, kontinuierlicher Erdbeobachtung führt auf Datenerfassung mit elektronischen Abtastern; aus diesem wiederum folgt die Entwicklung digitaler Bildverarbeitungshard- und -software. Diese ist natürlich mitnichten auf Fernerkundung beschränkt, sondern steht in sehr dynamischer Wechsel-

wirkung mit anderen Bereichen digitaler Bildverarbeitung.

## Das Flugzeugmeßprogramm des BMFT

Das LANDSAT-Programm der USA bewegte die BRD, nicht lediglich zum Abnehmer von Bildmaterial zu verkümmern, sondern die Entwicklung von Fernerkundungstechniken auch eigenständig voranzutreiben. Als Vorbereitung für eine zukünftige Beteiligung an internationalen Satellitenprojekten förderte das BMFT ein „Erdwissenschaftliches Flugzeugmeßprogramm (FMP)“ von 1975 bis 1977 mit insgesamt 11 Mill. DM. Aufgrund von Flugzeugaufnahmen wurde erprobt, was später für den Weltraum realisiert werden sollte: multispektrale Aufnahmeverfahren, digitale Bildverarbeitung, Anwendung auf geowissenschaftliche Aufgaben, Entwicklung von Institutionen mit „Know-How“ und interdisziplinärer Zusammenarbeit. Im Zentrum stand ein von der DFVLR betriebenes Meßflugzeug, eine DO-28 D2, ausgerüstet mit dem 11-Kanal-Zeilenabtaster M<sup>2</sup>S (BENDIX), einer photogrammetrischen Reihenmeßkamera R MK15/23 (ZEISS-Oberkochen) und 6 Kameras 6×6 für Multispektralphotographie (HASSELBLAD). Für die Datenauswertung wurde eine Stelle bei der DFVLR eingerichtet, bei der nicht nur die Filmentwicklung und die Magnetbandumsetzung erfolgte, sondern auch eine moderne Bildverarbeitungsanlage („DIBIAS-System“) den Nutzern zur Verfügung stand.

Das FMP wurde insgesamt zu einem sehr großen Erfolg. Mit im Vergleich zur Weltraumtechnik geringen finanziellen Mitteln gelang es, moderne Fernerkundungsverfahren auf der Basis digitaler Bildverarbeitung in vielen unterschiedlichen Fachdisziplinen einzuführen. Nach 10 Jahren erkennt man heute hauptsächlich zwei Gründe für den Erfolg des Programms:

- Dezentrale Förderung
- Interdisziplinäres Arbeiten

Aus Kostengründen mußte zwar die Datenauswertung zunächst bei der DFVLR in Bayern konzentriert werden, doch wurden auch regional arbeitende Nutzer mit eigenen Geräten ausgestattet. Für viele dieser Nutzer bedeutete dies zusammen mit dem Lernprozeß am interaktiven DIBIAS-System den Einstieg in die moderne digitale Bildverarbeitungstechnik, und heute schon stehen bei den meisten Beteiligten von damals autonome Bildverarbeitungsanlagen als Folge der Initialzündung durch das FMP.

Tab. 2 gibt eine Zusammenstellung von Testgebieten, Schwerpunktaufgaben und beteilig-

ten Instituten, woraus das dezentrale, interdisziplinäre Prinzip deutlich hervorgeht.

## Weitere Entwicklungen

Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Fernerkundung ist nicht völlig autonom, sondern wird natürlich stark beeinflusst durch die verfügbaren Plattformen und Sensoren. Für die Bundesrepublik haben Satellitenmissionen Vorrang vor Flugzeugprogrammen. Im Rahmen der ESA ist für 1990 der Start des Erderkundungssatelliten ERS-1 („ESA Remote Sensing Satellite“) geplant, hauptsächlich für Anwendungen der Ozeanographie. Wichtigste Sensoren sind ein aktives Mikrowellengerät (SAR) und ein Radar-Altimeter. Es verdient die besondere Priorität der Mikrowellen-Technologie. Für Landanwendungen wird der optische Bereich bevorzugt. So wurden im Auftrage des BMFT der „Modular Optoelectronic Multispectral Scanner (MOMS)“ nach einem neuen optoelektronischen Konzept entwickelt und 1983 sowie 1984 bei Flügen der amerikanischen Raumfähre erfolgreich eingesetzt. Für eine zweite MOMS-Generation wird eine Version für Stereoaufnahmen entwickelt, der „STEREOMOMS“: Es werden drei Abtaststreifen von demselben Gerät und über derselben Geländefläche aufgenommen, aber nicht nur in vertikaler Blickrichtung, sondern auch jeweils nach vorne und hinten geneigt. Jeder Geländepunkt wird daher dreifach erfaßt, und zwar von verschiedenen Orten aus. Die „Konvergenzaufnahmen“ lassen sich daher stereoskopisch betrachten und ausmessen. Stereoskopie liefert in diesem Falle nicht nur Information über die Flug- bzw. Geländehöhe, sondern auch über die Aufnahmerrichtungen, die für präzise photogrammetrische Auswertungen benötigen „Elemente der relativen Orientierung“. Logischerweise werden Messungen im digitalen Bildmaterial nach Möglichkeit nicht mehr visuell erfolgen, sondern die stereoskopische Zuordnung gleicher („homologer“) Punkte wird automatisiert. Dies funktioniert über Verfahren der digitalen Bildkorrelation, die wiederum auch für viele andere Anwendungen gebraucht wird. Schon für 1987 ist vorgesehen, einen nach dem Prinzip der dreifachen Streifen arbeitenden, von der DFVLR entwickelten Abtaster („Monocular Elektro-Optical Stereo-Scanner (MEOSS)“ im SROSS-Satelliten der indischen Raumfahrtorganisation zu fliegen. Die Entwicklung von Stereoabtastern führt also zu völlig neuen Lösungen für die geometrische Auswertung von Abtaster-Bildern. Der Bildgeometrie, immer schon im Zentrum photogrammetrischer Bemühungen, werden übrigens auch

Tabelle 2: Testgebiete, Aufgaben und Institute beim FMP (aus Albertz/Sehroeder, 1978).

| Testgebiet                                     | Aufgaben   | Institute  |
|--|--|--|
| Jade/<br>Ostfriesisches<br>Wattengebiet        | Wechselbeziehung<br>Küste/Meer<br>Tidenhub, Strömung, Versandung,<br>Sedimenttransport<br>Verschmutzung<br>Wattkartierung<br>Eisverhältnisse   | Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessung, TU Hannover (federführend).<br>Wasser- und Schiffsahrtsamt, BGR Hannover, Senckenberg Institut, Wilhelmshaven DHI Hamburg u. a.  |
| Deutsche<br>Bucht<br>Kieler Bucht              | Ozeanographie<br>White Gap-<br>Beobachtungen<br>Seegangsmessungen<br>Oberflächen-<br>temperatur<br>Chlorophyll-<br>verteilung  | Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg (federführend) Institut für Meereskunde, Institut für Hydrobiologie, Uni Hamburg u. a.  |
| Unterrain/<br>Tannus/<br>Wetterau<br>Frankfurt | Biosphäre eines<br>Ballungsgebietes<br>Kaltluftströme<br>Landnutzung<br>Gewässer-<br>verschmutzung   | Regionale Planungsgemeinschaft Unterrain, Frankfurt (federführend), Senckenberg Institut Frankfurt, Deutscher Wetterdienst, Offenbach Hess. Landes-kulturamt, Wiesbaden u. a.  |
| Schwarzwald/<br>Oberrhein                      | Vegetation und<br>Landnutzungs-<br>formen Zustand<br>von Wald- und<br>Feldvegetation<br>Identifikation von<br>Pflanzengesell-<br>schaften<br>Klimatologische<br>Untersuchungen   | Institut für Forst-einrichtung und forstliche Betriebswirtschaft, Uni Freiburg (federführend)<br>3 weitere Institute der Uni Freiburg, Institut für physikalische Welt-raumforschung, Freiburg u. a.   |
| Voralpgebiet                                   | Ökologie eines<br>Hochgebirgs-<br>randgebietes<br>Geologische/<br>hydrologische<br>Langzeitbeobach-<br>tungen<br>Multispektralver-<br>halten von<br>Karbonatgestein<br>Klassifizierung von<br>natürlichen Ober-<br>flächen<br>Untersuchung zur<br>Datenreduktion | Zogetrastelle für Geophotogram-metrie und Fern-<br>erkundung,<br>München (feder-<br>führend) Geo-graphisches<br>Institut, Uni<br>München<br>Institut für Pho-<br>togrammetrie und<br>Topographie, TH<br>Karlsruhe<br>Institut für An-<br>gewandte Geolo-<br>gie, FU Berlin u. a. |

Als ein Beispiel für die Bilddaten des FMP zeigt Abb. 2a einen Abtasterstreifen im Jadebereich. Die Abb. 2b und 2c (3. Umschl.-S.) dienen dem Vergleich mit Satellitenbilddaten der ersten (LANDSAT-MSS) und der zweiten (LANDSAT-TM) Generation.

durch die Verfügbarkeit des „Global Positioning System (GPS)“ der USA neue Verarbeitungsmöglichkeiten eröffnet: Das weltweit nutzbare Satelliten-Navigationssystem liefert die Elemente der absoluten Bildorientierung im Raume mit höchster Genauigkeit, so daß Koordinatenreferenzen („Paßpunkte“) auf der Erdoberfläche nicht mehr nötig sein werden. Dies gilt sowohl für Satelliten, als auch für Flugzeugplattformen, für Abtaster ebenso wie für konventionelle Kameras.

Die genannten Beispiele für aktuelle Entwicklungen der Weltraumtechnik beziehen sich zunächst auf den engeren Bereich von Photogrammetrie und Fernerkundung. Es sollte aber verdeutlicht werden, daß eine direkte und sehr schnelle Umsetzung auch in andere Bereiche hinein erfolgt. Als Beispiele hierzu sei die Entwicklung der Rastertechnik in der Kartographie und der Aufbau von Datenbanksystemen angeführt. Umschlagseite 2 zeigt die Auswertung einer LANDSAT-TM-Aufnahme für geologische Zwecke im Bereich des Rote-Meer-Grabens, entstanden am Institut des Verfassers. Im Zusammenhang mit Arbeiten im Sonderforschungsbereich 108 („Spannung und Spannungsumwandlung in der Lithosphäre“) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wurde ein Verfahren zu optimaler Gesteinsdarstellung auf der Basis einer neuartigen Farbcodierung entwickelt. Der gesamte Prozeß wird digital am Rechner abgewickelt, d. h. jedes Bildelement (30 m x 30 m am Boden) liegt in einer Rastermatrix gespeichert vor. Es erscheint nun folgerichtig, nicht nur die Beschriftung im „Rastermode“ anzubringen, sondern auch andere oberflächenbezogene Informationen rasterförmig zu digitalisieren, um dann die unterschiedlichen Informationen bequem miteinander verknüpfen zu können, etwa im Dialog am Bildschirm. Weltraumaufnahmen können also die Grundlage für ein geographisches Informationssystem (GIS) sein, welches durch Verknüpfung von Datenbanken unterschiedlichsten Inhalts eine ganz neue Dimension von Information über unseren immer mehr beschränkten und nicht vermehrbaren Lebensraum und seine natürlichen Ressourcen zu liefern vermag.

An vielen Stellen der Erde wird heute an dieser Aufgabe gearbeitet. Mit Blick auf die vergangenen 30 Jahre muß selbst der Fachmann zugeben, daß eine solche explosionsartige Entwicklung der Weltraumtechnik und ihre Ausstrahlung nicht vorhersehbar war, wobei wir sogar erst noch am Anfang des Prozesses stehen. Immer schnellere Rechner, präzisere Steuerungen und leistungsfähigere Sensoren, mit enormem finanziellen Aufwand entwickelt, können jedoch beim einzelnen Wissenschaftler, bei kleinen Instituten

oder bei kleinen Ländern auch zu einem „Frustationseffekt“ führen: Zu teuer, zu aufwendig, zu schnell erscheint die Entwicklung, um noch selber eigenständige Beiträge liefern zu können. Solcher Haltung soll hier entschieden widersprochen werden. Systeme werden von Menschen entwickelt, und ihre Erfahrung, ihr „Know-How“ ist in erster Linie maßgebend für den Erfolg. Erfahrung ist kein kurzlebiges Produkt wie die Systeme der Weltraumtechnik, sondern wird langfristig akkumuliert und durch „Wiederverwendung“ immer besser. Auch werden Leistungen von Wissenschaftlern und Ingenieuren auf lange Sicht nicht an spektakulären Einzelerfolgen gemessen, sondern daran, wieweit es ihnen gelungen ist, die Lebensbedingungen aller Menschen zu verbessern. Dies ist nicht ausschließlich eine Frage der Finanzierung, sondern bedeutet für alle Beteiligten ebenso eine Herausforderung von persönlichem Einsatz, von Phantasie und Moral.

Lit.: Akademie der Wissenschaften der DDR, Akademie der Wissenschaften der UdSSR: Sojus-22 erforscht die Erde; Berlin 1980. – Albertz, H., Schroeder, M.: (Hrsg.): Analyse zum Flugzeugmeßprogramm. BMT Forschungsberichte W 78-04, 1978. – Bähr, H.-P.: Abschätzung einiger geometrischer Fehlerkomponenten bei der multispektralen Klassifizierung, Bildmessung und Luftbildwesen, Heft 1, 1985. – Bähr, H.-P.: Digitale Bildverarbeitung – Anwendung in Photogrammetrie und Fernerkundung. Karlsruhe 1985. – Bormann, A.: Bahnen künstlicher Satelliten. Mannheim 1966. – Häberle, H.: Die DFLK als deutsche Fernerkundungszentrum. Zeitschrift für Flugwissenschaften und Weltraumforschung, Band 8 Heft 3, 1984. – Kaufmann, H., Schweinhart, G.: Spectral Maps. Logical Consequence of Image Optimization and Digital Cartography. 20th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Nairobi 1986. – Konecny, G., Bähr, H.-P., Schreiber, H. C.: Einsatz photogrammetrischer Kameras aus dem Weltraum für kartographische Anwendungen. Hannover 1979.

## Anfängerseminar Planetenbeobachtung

Am Sonnabend, dem 23. April 1988, findet von 9–16 Uhr an der Volksternwarte in Radebeul ein Anfängerkurs zur Planetenbeobachtung statt. Eingeladen sind alle, besonders aber junge Sternfreunde, die sich mit Planetenbeobachtung befassen wollen.

In Vorträgen und praktischen Übungen sollen das Rüstzeug zur weiteren selbständigen Arbeit vermittelt und Kontakte zum Arbeitskreis Planeten (AKP) hergestellt werden.

Interessenten wenden sich bis Ende Februar 1988 an:  
Arbeitskreis Planeten  
Volksternwarte Radebeul  
Auf den Ebenbergen  
Radebeul

8122

Dieter Richter, Leiter AKP



## Erfassung und Interpretation meteorologischer Prozesse in der mittleren Atmosphäre

Bericht aus dem Heinrich-Hertz-Institut für Atmosphärenforschung und Geomagnetismus der AdW der DDR

G. ENTZIAN, G. SCHMITZ

Die Wettervorgänge vollziehen sich in den unteren Schichten der Erdatmosphäre. Das bedeutet aber nicht, daß die Höhen oberhalb 10 km für die Bedingungen unseres unmittelbaren Lebensraumes ohne Bedeutung wären. So ist z. B. die Ozonschicht, ihr Maximum liegt in 25 km Höhe, mit ihrer UV-absorbierenden Wirkung von erheblicher Bedeutung für den Menschen. Darüber hinaus ist die Kenntnis des meteorologischen Zustandes der Atmosphäre bis 100 km von Bedeutung

- für die noch nicht genügend aufgeklärte dynamische und energetische Wechselwirkung unterschiedlicher Höhenbereiche,
- für den Transport natürlichen Staubes z. B. aus Vulkanausbrüchen und von anthropogen bedingten Schadstoffen und nicht zuletzt
- zur Sicherung aktiver Raumexperimente.

Messungen von Temperatur, Druck und Wind aus den höheren Atmosphärenschichten, die für den klassischen meteorologischen Meßträger, den Ballon, unzugänglich sind, werden von meteorologischen Raketen geliefert. Obwohl im Rahmen des Kooperationsprogramms „Kosmische Meteorologie“ ein großer Aufwand getrieben wird, bleiben Raketenmessungen vereinzelte Punktmessungen, sowohl räumlich, d. h. auf wenige Raketenstationen beschränkt, als auch zeitlich, vereinbarungsgemäß wird an jeder Station für die meteorologischen Routine-messungen eine Rakete pro Woche gestartet. Die verbleibenden räumlichen und zeitlichen Meßlücken können durch indirekte Sondierung von künstlichen Erdsatelliten aus und durch kostengünstige bodengebundene Messungen aufgefüllt werden, aber erst die Interpretation durch empirisch-analytische oder mathematisch-physikalische Modelle ermöglichen Aussagen zum großräumigen Verhalten der Atmosphäre unterschiedlicher Höhenbereiche. Beide Wege, sowohl der zusätzlichen Datengewinnung durch bodengebundene Messungen sowie der Interpretation durch Modellentwicklungen, werden im Rahmen der Kosmischen Meteorologie gegangen.

Eins der bodengebundenen Meßverfahren stellt die indirekte Phasen-Höhen-Messung dar: Einfach durch die Registrierung des Signals eines weitentfernten (500–1000 km) Rundfunksenders im Langwellenbereich besteht die Möglichkeit, die im Tagesgang veränderliche Höhe der in der unteren Ionosphäre stattfindenden Reflexion (75–90 km) des Funkstrahls zu verfolgen. Diese Reflexionshöhe ist nach den Aussagen eines einfachen theoretischen Modells von der Sonnenstrahlung und dem Luftdruck abhängig. Durch ein über mehrere Jahre ausgedehntes Interkosmos-Vergleichsexperiment der indirekten Phasen-Höhen- mit Raketenmessungen am gleichen Meßpunkt konnte die Richtigkeit dieses Modells bestätigt werden. D. h., bei konstanter Sonnenstrahlung hat man mit der indirekten Phasen-Höhen-Messung ein Verfahren in der Hand, um vom Erdboden aus den Luftdruckmittelwert eines Tages im Höhenbereich von 80–85 km Tag für Tag zu verfolgen. Andere bodengebundene Messungen gestatten den Wind im Höhenbereich um 95 km, wiederum andere die Ionisation im Bereich der unteren Ionosphäre zu messen.

Aus diesen Messungen und aus der Entwicklung komplexer numerischer Modelle konnten bisher folgende für die Erkenntnis dynamischer Prozesse in der Atmosphäre wichtigen Ergebnisse erhalten werden:

- Im Winter wird durch die sich nach oben ausbreitende Energie aus den großräumigen Drucksystemen der Troposphäre ein einheitlicher von der Stratosphäre (20 km) bis in die untere Thermosphäre (90 km) reichender Westwindwirbel mit seinem Zentrum über dem Pol angetrieben. Dieser Westwind filtert alle atmosphärischen, mathematisch als Wellen zu behandelnden Störungen mit Wellenlängen kleiner als 8000 km, die mit Wettervorgängen verbunden sind, heraus, so daß nur die Wellen großer Wellenlängen die Stratosphäre und größere Höhen erreichen.
- Störungen dieses Wirbels, Verlagerungen, Verformungen oder Aufspaltungen in zwei oder mehrere Teilwirbel machen sich je nach Stärke der Störung bis in den oberen Bereich bemerkbar, erreichen sogar die Ionosphäre und beeinflussen dort die Funkwellenausbreitung. Luftdruckschwankungen und Windänderungen innerhalb dieses Wirbels lassen sich mit wenigen Tagen Verzögerung von Mittel- bis Osteuropa wiederfinden, sie haben also horizontale Ausdehnungen von mehr als 2000 km.
- Aus Modellergebnissen wissen wir, daß diese Veränderungen des mittleren Zustandes der Strato-Mesosphäre zu einer Veränderung der



langen atmosphärischen Wellen in der Troposphäre führen können und damit Prozesse beeinflussen, die für eine Langfristwettervorhersage von Bedeutung sind. Die Modellrechnungen ergeben weiter, daß diese atmosphärischen Wellen in Wechselwirkung mit dem Wind und der Temperatur zu drastischen Veränderungen der Verteilung der in der Luft mitgeführten Beimengungen führen können. Für unsere Umweltbedingungen ist die schnelle Aufklärung der Bedeutung dieser dynamischen Systeme für die Verteilung sowohl der natürlichen Komponenten, wie etwa Ozon, als auch der anthropogen bedingten Luftbeimengungen von großer Wichtigkeit.

- Für viele Fragen der Atmosphärenphysik ist es von Bedeutung, wie tief die Wirkung der im elfjährigen Rhythmus schwankenden Sonnenaktivität in die Atmosphäre eindringt. Während bisher der Einfluß der Sonnenaktivität auf die Dichte der Erdatmosphäre z. B. aus der Abbremsung künstlicher Erdsatelliten bis hinunter in 150 km Höhe bekannt war, konnte jetzt aus Raketenmessungen und unabhängig davon mit indirekten Phasen-Höhen-Messungen im Sonnenfleckennmaximum gegenüber dem -minimum ein Anstieg der Temperatur um 6 K in der Mesosphäre (im Höhenbereich um 60 km) nachgewiesen werden. Ein noch tieferes Eindringen der Wirkung der Sonnenaktivität in die Atmosphäre ist aus den im Sonnenfleckenzklus schwankenden Terminen des Winterendes in der Stratosphäre bis hinunter in 25 km zu schließen.

- Im Hinblick auf die Klimaentwicklung ist eine ständige Überwachung der Atmosphäre bezüglich langfristiger Variationen oder sich abzeichnender Trends erforderlich. In der Mesosphäre (in 80 km) konnte seit 1965 etwa zehn Jahre lang eine stetige Druckabnahme verfolgt werden, die mit einer Abkühlung der oberen Stratosphäre der Nordhalbkugel einherging. Dieser Prozeß scheint zwar 1975 abgeschlossen zu sein, es deutet sich aber an, daß neben dieser Variation ein Trend in der gleichen Richtung weiter anhält. Ob sich hier länger andauernde atmosphärische Schwankungen oder anthropogene Auswirkungen abzeichnen, ist ein wichtiger Forschungsgegenstand der „Kosmischen Meteorologie“.

Einige wichtige Veröffentlichungen des Heinrich-Hertz-Instituts aus dem Arbeitsbereich der „Kosmischen Meteorologie“:

v. Cossart, G., Sprenger, K., Pakhomov, S. V.: Indirect phase height measurements of the lower ionosphere with rocket measurements of D-region electron density. Journ. Atm. Terr. Phys. 48 (1986) 355—363. — Tauben-

helm, J., v. Cossart, G.: The ionospheric D region as a sensor of meteorological parameters of the middle atmosphere. Gerl. Beitr. Geophys. 96 (1987) 105—112. — v. Cossart, G., Taubenheim, J.: Solar cycle and long-period variations of mesospheric temperatures. Journ. Atm. Terr. Phys. 49 (1987) 303—307. — Dethloff, K., Schmitz, G., Grieger, N.: On determining the tropo- and stratospheric zonal circulation on the basis of momentum and heat sources in a quasi-geostrophic model. Gerl. Beitr. Geophys. 91 (1982) Teil I S. 25—34, Teil II S. 141—149. — Schmitz, G., Grieger, N.: Modelcalculations on the structure of planetary waves in the upper troposphere and lower stratosphere as a function of the wind field in the upper stratosphere. Tellus 32 (1980) 207—214. — Портнягин, Ю. И., Шпренгер, К.: Измерение ветра на высотах 90—100 км наземными методами. Ленинград, Гидрометеоздат 1978. — Григер, Н., Шмитц, Г.: Зависимость амплитуды и фазы планетарных волн от высоты ниже 60 км. физ. Атм. Океана XIV (1978) 100—101. — Ляутер, Э. А., Тарасенко, Д. А., Энциан, Г.: Изменчивость сроков весенних перестроек страто-мезосферной циркуляции. Метеорол. и Гидрология 8 (1983) 10—14.

## Sonnenfleckenrelativzahlen Juli/August 1987

Herausgegeben vom Sunspot Index Data Center, Brüssel und vom Arbeitskreis SONNE (AKS) des KB der DDR

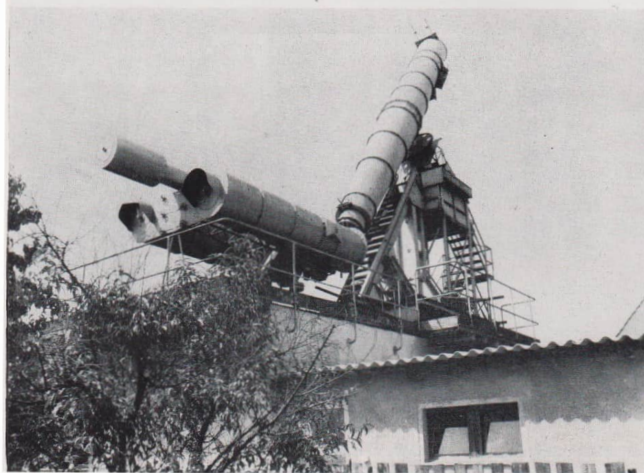
| d      | Juli<br>S.I.D.C. | AKS  | August<br>S.I.D.C. | AKS  |
|--------|------------------|------|--------------------|------|
| 1      | 0                | 0    | 45                 | 56   |
| 2      | 0                | 0    | 47                 | 58   |
| 3      | 0                | 0    | 39                 | 49   |
| 4      | 0                | 0    | 33                 | 47   |
| 5      | 13               | 12   | 31                 | 40   |
| 6      | 0                | 0    | 32                 | 45   |
| 7      | 9                | 13   | 38                 | 49   |
| 8      | 12               | 15   | 45                 | 62   |
| 9      | 13               | 17   | 39                 | 55   |
| 10     | 11               | 15   | 47                 | 59   |
| 11     | 0                | 12   | 56                 | 74   |
| 12     | 0                | 12   | 48                 | 60   |
| 13     | 0                | 0    | 47                 | 54   |
| 14     | 0                | 0    | 49                 | 60   |
| 15     | 11               | 19   | 49                 | 62   |
| 16     | 17               | 24   | 55                 | 68   |
| 17     | 12               | 15   | 46                 | 55   |
| 18     | 17               | 24   | 43                 | 49   |
| 19     | 23               | 30   | 45                 | 61   |
| 20     | 33               | 45   | 51                 | 64   |
| 21     | 67               | 79   | 48                 | 58   |
| 22     | 87               | 102  | 34                 | 38   |
| 23     | 102              | 127  | 39                 | 45   |
| 24     | 92               | 129  | 35                 | 51   |
| 25     | 88               | 116  | 35                 | 43   |
| 26     | 85               | 107  | 34                 | 40   |
| 27     | 77               | 100  | 24                 | 36   |
| 28     | 60               | 63   | 23                 | 29   |
| 29     | 60               | 74   | 11                 | 11   |
| 30     | 62               | 80   | 10                 | 13   |
| 31     | 73               | 82   | 20                 | 24   |
| Mittel | 33,0             | 42,3 | 38,0               | 48,9 |

A. KOECKELENERGH

H. ALBERT



Das schöne Amateurfoto von Uwe Wohlrab, Calbesche Str. 4, Schönebeck, 3300. Der Omega-Nebel (M 17) fotografiert 1987 Mai 26 von 00<sup>h</sup>00 bis 01<sup>h</sup>14 MEZ, achtfach nachvergrößert.



# Sojus T-1 bis T-11

Mit der forcierten Nutzung der Raumstationen Salut war die Modernisierung des seit 1967 im Einsatz befindlichen Zubringerraumschiffes Sojus notwendig geworden. Bei Verwendung der bewährten Grundkonstruktion wurden eine neuentwickelte Bordrechenanlage, neue Systeme der Steuerung und Fluglage- und Lagekorrektur, weiterentwickelte Lebenserhaltung- und Temperaturregelungssysteme, neue Raumanzüge und eine vereinheitlichte Triebwerksanlage für Fluglage- und Lagekorrektur mit einheitlichem Treibstoff eingesetzt. Die Energieversorgung erfolgt über zwei Solarzellenflächen mit 10,6 m Spannweite. Verbesserungen bzw. Neukonstruktionen wurden ebenfalls an den Systemen für die weiche Landung und am Rettungssystem SAS vorgenommen.

## Technische Daten

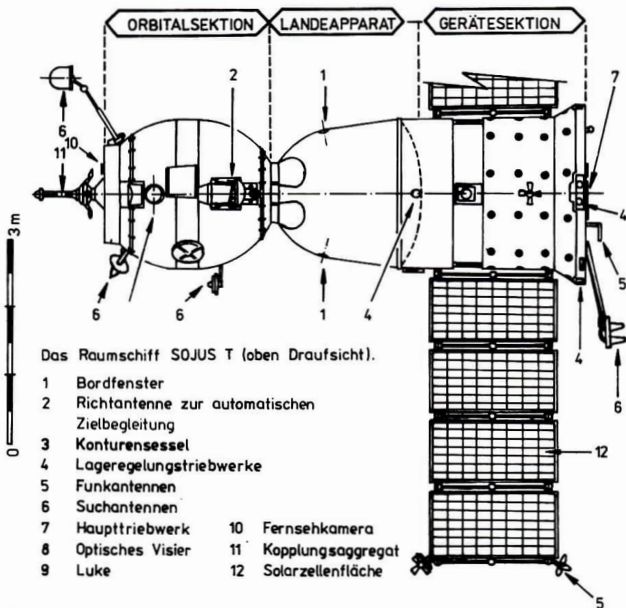
Gesamtmasse: 6,85 t  
 Länge Landeapparat: 2,14 m  
 Gesamtlänge: 6,98 m  
 Durchm. Landeapp.: 2,20 m  
 max. Durchmesser: 2,72 m  
 Durchm. Orbitalsekt.: 2,20 m  
 Masse Orbitalsektion (mit Kopplungsaggregat): 1,1 t  
 Masse Landeapp.: 3,0 t  
 Masse Geräte-sektion: 2,75 t  
 Vereinheitlichte Triebwerksanlage:  
 Haupttriebwerk: 3,1 kN  
 14 Lageregelungs-triebwerke: 137 N  
 12 Lageregelungs-triebwerke: 24,5 N

J. OEHLER

**Übersicht über die Raumflüge mit „Sojus T“-Raumschiffen (Sojus T-5 bis Sojus T-11)**  
 (Sojus T-1 bis Sojus T-4 siehe Typenblatt Sojus-Varianten (3), AuR 3/87 S. 95)

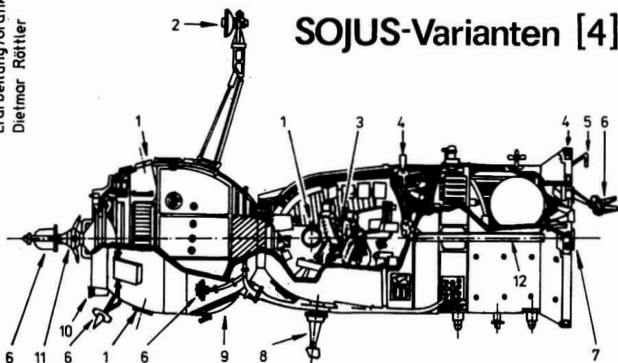
| Nr.      | internat. Bezeichn. | Besatzung   | Start-datum | Flugdauer d. Startbesatzg.<br>Flugdauer d. Raumschiffes         | Einsatzzweck  |
|----------|---------------------|---|-------------|---|---|
| T-5      | 1982-42A            | A. Beresowoi<br>Dr. V. Lebedew<br>(1. Stammes.<br>Salut 7)  | 13. 5. 82   | 211d09h05min<br>bis 10. 12. 82<br>106d05h06min<br>bis 27. 8. 82 | 14. 5. 82 Koppl. m. Salut 7, gemeins. Exp. m. 10. Interkosmosbesatzung (Sojus T-6) u. Zusatzmannschaft m. 2. Kosmonautin (Sojus T-7). Empfang von 4 Transportraumsch. Progress (13-16), Aussetzen v. 2 Satelliten (Iskra 2 + 3), 1. Umkopplungsmanöver, 1. Ausstieg, 211 d Forschungstätigkeit, Landung d. Besatz. mit Sojus T-7  |
| T-6      | 1982-42A            | W. Dshanibekow<br>A. Iwantschenkow<br>J.-L. Chretien<br>(Frankreich)<br>(10. Interkosmos-<br>besatzung) | 24. 6. 82   | 7d21h51min<br>bis 2. 7. 82                                      | 25. 6. Koppl. m. Salut 7, gemeins. Exp. m. Sojus T-5-Besatz., erstmals 5 Raumfahrer in einer Raumstation (Flugdauer 7d)   |
| T-7      | 1982-80A            | L. Popow<br>A. Serebrow<br>S. Sawitzkaja<br>(2. Frau)   | 19. 8. 82   | 7d21h52min<br>bis 27. 8. 82<br>113d01h51min<br>bis 10. 12. 82   | 20. 8. Koppl. m. Salut 7, gemeins. Exp. m. Sojus T-5-Besatz., 1. gemischte Besatzung, (7d). Landung d. Besatz. m. Sojus T-5   |
| T-8      | 1983-35A            | W. Titow<br>G. Strekalow<br>A. Serebrow   | 20. 4. 83   | 2d00h18min<br>bis 22. 4. 83                                     | geplante Kopplung mit Salut 7 mußte wegen Fehler im Annäherungssystem abgesagt werden   |
| T-9      | 1983-62A            | W. Ljachow<br>A. Alexandrow<br>(2. Stammes.<br>Salut 7)   | 27. 6. 83   | 149d10h46min<br>bis 23. 11. 83                                  | 28. 6. Koppl. m. Salut 7, Entladung d. Modulsat. Kosmos 1443 u. Beladung d. Rückkehrkapsel, 1 Umkoppl.-manöver, Empf. v. 2 Transportraumsch. Progress (17 + 18), 2 Ausstiege m. Außenbordarbeiten (Montage Solarzellenflächen zur Erhöhung d. Energieversorgung u. Schweiß- u. Montagearbeiten), Dauer d. Ausstiege 2h50min, 149 d Forschungstätigkeit in Salut 7   |
| (T-10) — | —                   | W. Titow<br>G. Strekalow  | 27. 9. 83   | —<br>geplanter Start,<br>nur Einsatz SAS                        | geplant als Zubringerraumflug z. Station Salut 7, wenige Minuten vor Start Brand in der Trägerkapsel, erfolgreicher Einsatz des Rettungssystems SAS   |
| T-10     | 1984-14A            | L. Kisim<br>W. Solowjow<br>Dr. O. Atkow<br>(3. Stammes.<br>Salut 7)                                     | 8. 2. 84    | 236d22h50min<br>bis 2. 10. 84<br>62d22h43min<br>bis 11. 4. 84   | 9. 2. Koppl. m. Salut 7, erstmals 3-köpfige Stammes., gemeins. Exp. m. 11. Interkosmos-Besatz. (Sojus T-11) u. 2. gemischter Besatz. (Sojus T-12), 1 Umkoppl.-manöver, 6 Ausstiege (insges. 22h50min) d. Stammes-Besatz. (Kisim/Solowjow) zu umfangreichen Montagearbeiten (Reparatur Treibstoffleitung Salut, Montage Solarzellenflächen), Empfang v. 5 Transportraumsch. Progress (19—23), 1. Ausstieg einer Frau, Landung d. Besatz. m. Sojus T-11 |
| T-11     | 1984-32A            | J. Malyschew<br>G. Strekalow<br>R. Sharma<br>(Indien)<br>(11. IK-Bes.)                                  | 3. 4. 84    | 7d21h41min<br>bis 11. 4. 84<br>181d21h48min<br>bis 2. 10. 84    | 4. 4. Koppl. m. Salut 7 erstmals 6-köpfige Besatz. in Raumstation, gemeins. Exp. m. Sojus T-10-Besatz. (7d), Landung mit Sojus T-10   |



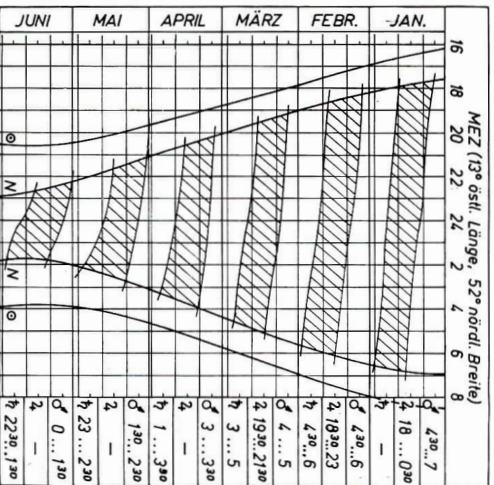


Erarbeitung/Grafik:  
Dietmar Röttler

## SOJUS-Varianten [4]

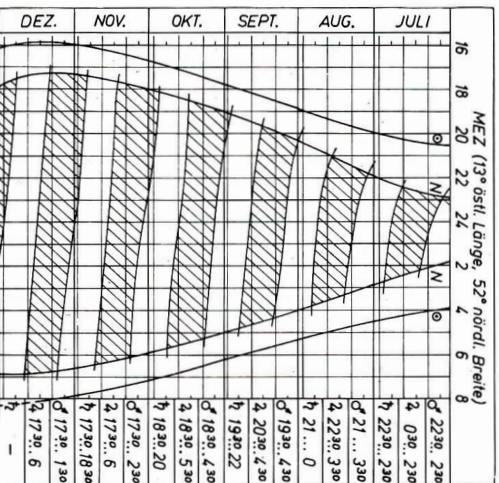


# Astro-Kalender für das Jahr 1988



Merkur ist vom 10. Januar bis 4. Februar, vom 12. bis 20. Mai und ab 24. Dezember bis Anfang Januar 1989 abends und vom 20. Oktober bis 10. November morgens sichtbar. Venus ist bis Anfang Juni abends und ab Anfang Juli morgens sichtbar.

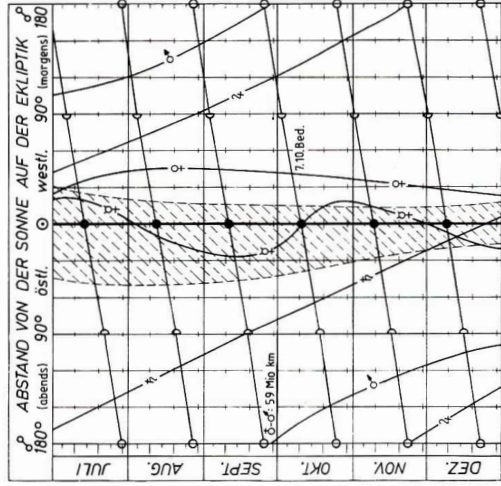
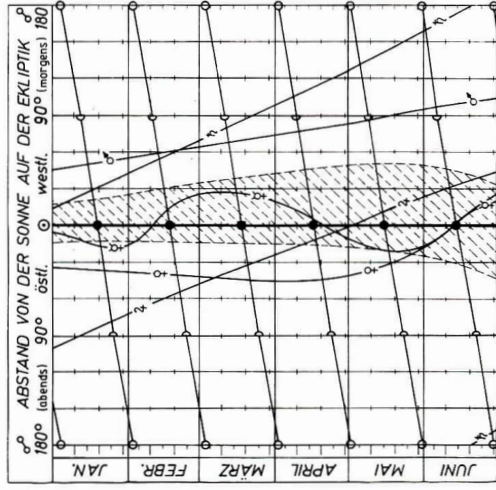
Auf- und Untergang der Sonne ( $\odot$ ) – nautische Dämmerung (N) Sichtbarkeit von Mars ( $\S$ ), Jupiter ( $\text{♃}$ ) und Saturn ( $\text{♄}$ ) zur Monatsmitte



//// Sterne und Planeten sichtbar (kein Mondschein und Sonne  $\geq 12^\circ$  unter dem Horizont)

# Astro-Kalender für das Jahr 1988

## Mond und Planeten in der Ekliptik

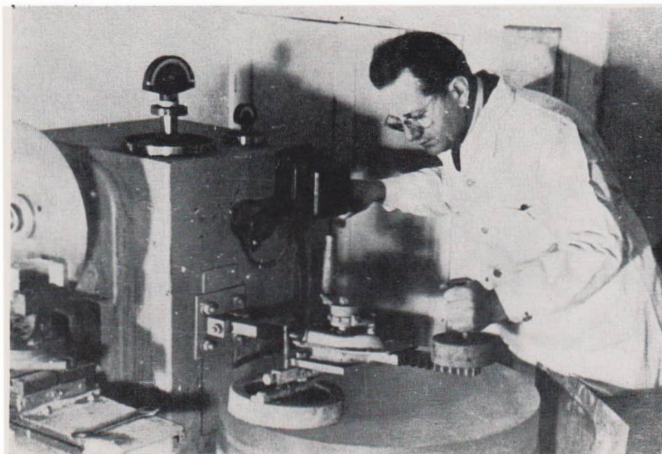


Bewegungsrichtung von Merkur und Venus:

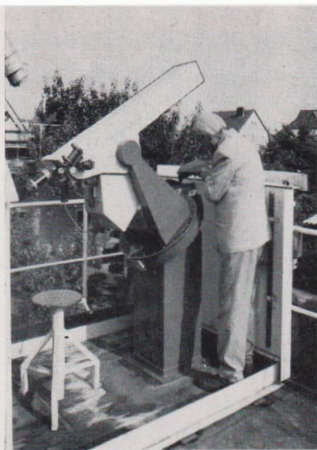
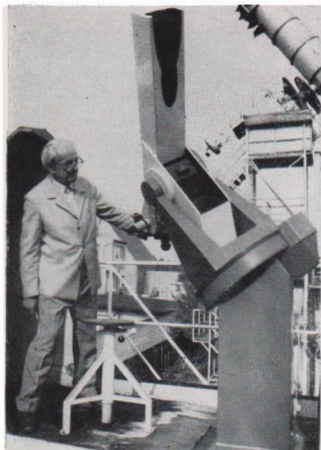
◀ obere Konjunktion  
→ untere Konjunktion

KARL-HEINZ BÜCKE

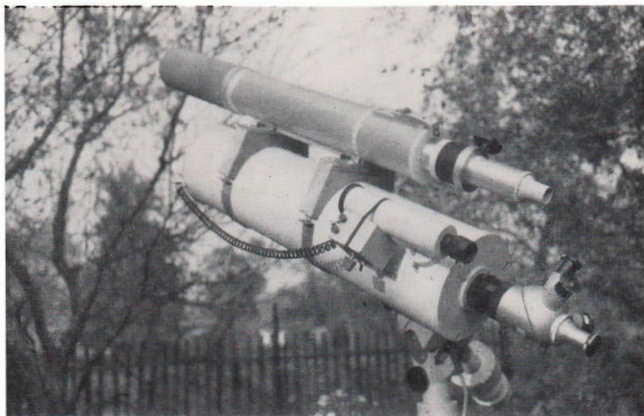
Beilage zu AuR (1987) 6



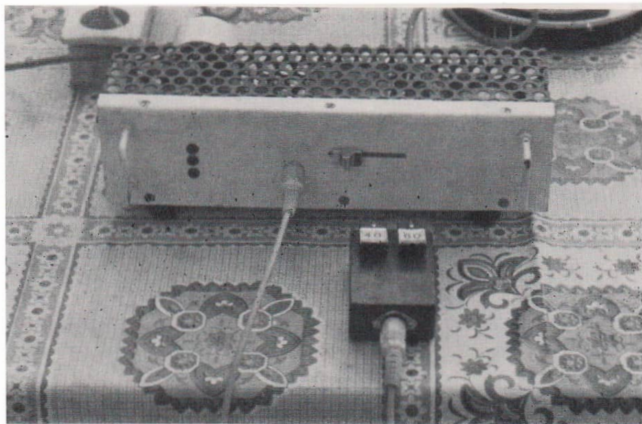
Edwin Rolf und seine Fernrohre. (Texte zu den Abb. der Bildseiten II und III siehe S. 168!)







Die Aufnahme der Bildseite I entstand mit diesem Instrumentarium. Dazu veröffentlichen wir im Heft 1/1988 einen Erfahrungsbericht des Bildautors.





# für den rechnenden Sternfreund

## Zeit

KARL-HEINZ BÜCKE

### 1. Stern- und Sonnenzeit

Die Zeit ist astronomisch durch die mittlere Sternzeit  $\theta_m$  definiert. Sie entspricht dem Stundenwinkel des mittleren Frühlingspunktes bezogen auf eine bestimmte geographische Länge  $\lambda$ . Die Sonnenzeit ist der Stundenwinkel der mittleren Sonne bezogen auf eine bestimmte geographische Länge  $\lambda$  plus 12 Stunden. Zwischen Stern- und Sonnenzeit gibt es mathematische Beziehungen. Die wahre oder scheinbare Sternzeit  $\theta_{sm}$  ist die mittlere Sternzeit  $\theta_m$  korrigiert um den Einfluß der Nutation. Der Unterschied beträgt maximal 1 Sekunde, kann also bei genäherten Rechnungen vernachlässigt werden. Für die genauen Rechnungen entscheiden die anderen in die Rechnung eingehenden Größen, ob die mittlere oder scheinbare Sternzeit zu verwenden ist. Soll z. B. der Stundenwinkel eines Sternes berechnet werden, nimmt man die mittlere Sternzeit, wenn sein mittlerer Ort und die scheinbare Sternzeit, wenn sein scheinbarer Ort gegeben ist. Die mittlere Sonnenzeit entspricht der Weltzeit, einer Zonenzeit oder Ortszeit. Ausgangswerte zur Berechnung: JD des betreffenden Tages um 0<sup>h</sup> UT und die geographische Länge in Gradteilung (östliche Längen mit positivem Vorzeichen).

### Formeln

$$T = (JD - 2451545.0)/36525$$

mittlere Sternzeit um 0<sup>h</sup> UT und 0<sup>o</sup> geographische Länge:

$$\theta_0 = 0^h 097375 + 2400^h 051337 T + 0^h 0000259 T^2$$

mittlere örtliche Sternzeit:

$$\theta_m = \theta_0 + 1.002737909 UT + \lambda/15$$

wahre oder scheinbare örtliche Sternzeit:

$$\theta_{sm} = \theta_m - 0^h 00029 \sin \odot$$

$$\odot = 125^o 04' - 1934^o 136 T$$

mittlere Sonnenzeit aus mittlerer Sternzeit:

$$UT = 0.99726957 (\theta_m - \lambda/15 - \theta_0)$$

Im Ergebnis ist mit einer Genauigkeit von  $\pm 0.2$  zu rechnen.  $\odot$  ist die Länge des aufsteigenden Knotens des Mondes.

### 2. Zonenzeit, Ortszeit und Zeitgleichung

Für astronomische Berechnungen wird vorteilhaft die Weltzeit verwendet. Ausgehend vom täglichen Leben ist die Erde in Zeitzonen eingeteilt, in denen Zonenzeiten benutzt werden, z. B. die Mitteleuropäische Zeit MEZ. Die Zonenzeit entspricht der Ortszeit eines der Zone zugeordneten Längengrades. Zwischen der Weltzeit UT und der Ortszeit OZ gibt es von der geographischen Länge

abhängige Beziehungen:

$$OZ = UT + \lambda/15$$

$$UT = OZ - \lambda/15$$

Dabei wird die östliche Länge positiv gezählt.

Bei der Umrechnung zwischen Weltzeit und Orts- oder Zonenzeit ist ein eventueller Datumwechsel zu beachten. Der Tagesbeginn ist jeweils um 0 Uhr Zonenzeit und demzufolge nicht überall gleichzeitig. Bei der Berechnung erkennt man den Datumwechsel:

- erhält man eine negative Zahl, sind 24 Stunden zu addieren und das Datum ist um 1 Tag zu vermindern,
- erhält man eine Zahl größer 24 Stunden, sind 24 Stunden zu subtrahieren und das Datum ist um 1 Tag zu erhöhen.

Mit der Zeitgleichung ZGL wird die Differenz zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit angegeben:

$$ZGL = \text{wahre Zeit} - \text{mittlere Zeit}$$

$$\text{wahre Zeit} = \text{mittlere Zeit} + ZGL$$

$$\text{mittlere Zeit} = \text{wahre Zeit} - ZGL$$

Die Zeitgleichung für einen bestimmten Tag des Jahres  $n$  läßt sich durch folgende Formel mit einer Genauigkeit von  $\pm 0.8$  min bestimmen:

$$ZGL = -7m 66 \sin(0.9856 n - 39.51)$$

$$-9m 78 \sin(1.9712 n + 18.937)$$

$n$  ist die Nummer des Tages seit Januar 0, 0<sup>h</sup> UT.

In astronomischen Jahrbüchern wird häufig anstelle der Zeitgleichung der wahre Meridiandurchgang der Sonne angegeben. Die Zeitgleichung erhält man aus Meridiandurchgang minus 12 Stunden.

### 3. Terrestrische Dynamische Zeit

Durch ständige ungleichförmige Variationen der Erdrotationszeit ist die Weltzeit kein gleichförmiges Zeitmaß. Als erdbezogenes gleichförmiges Zeitmaß wird deshalb die von der Internationalen Astronomischen Union für verbindlich erklärte Terrestrische Dynamische Zeit TDT benutzt, die die vorher benutzte Ephemeridenzeit ET ablöst. Zwischen der TDT und ET bestehen definitionsgemäße Unterschiede; für die Berechnungen kann TDT = ET gesetzt werden. Es gelten folgende Beziehungen

$$\Delta T = TDT - UT$$

$$TDT = UT + \Delta T$$

$$UT = TDT - \Delta T$$

Über große Zeiträume hinweg gilt genähert:

$$\Delta T = 0.0015 + 0.000153 T + 0.0003467 T^2$$

Nicht vorausberechenbare Unregelmäßigkeiten überlagern diese  $\Delta T$ , so daß die Formel genähert für größere Zeiträume bis zu einigen Jahrtausenden gilt. Für die Gegenwart ist diese Formel nicht anzuwenden, die entsprechenden Werte sind Tabelle 1 zu entnehmen bzw. daraus etwa bis zur Jahrtausendende zu extrapolieren. Die in Tabelle 1 enthaltenen Werte sind exakte Resultate aus direkten Beobachtungen.

### Beispiele:

Am 8. März 720 v. u. Z. wurde gegen 20<sup>h</sup> UT eine Mondfinsternis beobachtet. Gesucht wird der entsprechende Zeitpunkt in TDT. Das Datum in astronomischer Scheib-

weise lautet —719 März 8 und daraus folgt für 12<sup>h</sup> UT JD = 1458510.0. Damit ist  $T = -27.188$ , woraus  $\Delta T = 0.4216 = 5^h 2^m$  folgt.

Somit ist 20<sup>h</sup> UT + 5 h = 25<sup>h</sup> TDT. Als Ergebnis erhält man —719 März 9 1<sup>h</sup> TDT.

1975 Mai 11, 7<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> 38<sup>s</sup> TDT war die geozentrische Konjunktion von Sonne und Mond während einer Sonnenfinsternis. Diese Zeit ist in Weltzeit gesucht. Nach Tabelle 1 ist  $\Delta T = 45^s 58$  (eine grobe Interpolation genügt). Somit war die Konjunktion 7<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> 38<sup>s</sup> — 45<sup>s</sup> 58 = 7<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 52<sup>s</sup> UT.

Tabelle 1

| Jahr   | $\Delta T$ | Jahr   | $\Delta T$ |
|--------|------------|--------|------------|
| 1785   | +11*       | 1961.5 | 33.8*      |
| 1860.5 | 2.7        | 1962.5 | 34.2       |
| 1880.5 | — 7.8      | 1963.5 | 34.7       |
| 1900.5 | — 3.8      | 1964.5 | 35.4       |
| 1905.5 | + 3.3      | 1965.5 | 36.1       |
| 1910.5 | 10.3       | 1966.5 | 37.0       |
| 1915.5 | 16.4       | 1967.5 | 37.9       |
| 1920.5 | 20.5       | 1968.5 | 38.8       |
| 1925.5 | 22.6       | 1969.5 | 39.7       |
| 1930.5 | 23.2       | 1970.5 | 40.7       |
| 1935.5 | 23.6       | 1971.5 | 41.7       |
| 1940.5 | 24.3       | 1972.5 | 42.8       |
| 1945.5 | 26.6       | 1973.5 | 44.0       |
| 1950.5 | 29.4       | 1974.5 | 45.0       |
| 1955.5 | 31.3       | 1975.5 | 46.0       |
| 1956.5 | 31.6       | 1976.5 | 47.0       |
| 1957.5 | 31.9       | 1977.5 | 48.0       |
| 1958.5 | 32.5       | 1978.5 | 49.1       |
| 1959.5 | 32.9       | 1979.5 | 50.1       |
| 1960.5 | 33.4       | 1980.5 | 51.2       |

Extrapolierte Werte:

|        |     |        |     |
|--------|-----|--------|-----|
| 1981.5 | 52* | 1991.5 | 57* |
| 1982.5 | 52  | 1992.5 | 58  |
| 1983.5 | 53  | 1993.5 | 58  |
| 1984.5 | 54  | 1994.5 | 58  |
| 1985.5 | 54  | 1995.5 | 59  |
| 1986.5 | 55  | 1996.5 | 59  |
| 1987.5 | 55  | 1997.5 | 59  |
| 1988.5 | 56  | 1998.5 | 60  |
| 1989.5 | 56  | 1999.5 | 60  |
| 1990.5 | 57  | 2000.5 | 60  |

(Extrapolation nach vorläufigen Annahmen des U. S. Naval Observatory 1986)

zur Abbildung bei und vergrößert die Brennweite des Hauptspiegels. Er wirft die Lichtstrahlen durch eine zentrisch im Hauptspiegel angebrachte Öffnung an einen bequem zugänglichen Ort hinter dem Hauptspiegel, wo das Fokalebild des Systems entsteht und mittels Okular betrachtet werden kann.

Das klassische Zweispiegelsystem ist, neben der kaum noch verwendeten Gregorischen Anordnung, das von dem Franzosen Cassegrain 1672 vorgeschlagene. Die wichtigsten Beziehungen sind in Abb. 2 dargestellt. Die relative Öffnung des Hauptspiegels liegt für Amateurgeräte zwischen 1:3 bis 1:5; der Vergrößerungsfaktor  $m$  des Sekundärspiegels bei 2...3fach; die Öffnungszahl des Gesamtsystems im Bereich zwischen  $k = 10...15$ . Der Fangspiegel muß in der Regel größer ausgeführt werden als beim Newton-System und hat Durchmesser von 30 bis 40% des Hauptspiegeldurchmessers. Trotzdem tritt nur ein Lichtverlust von 9 bis 16% durch Abschattung ein, wodurch nicht mehr als 0,2 Größenklassen verloren gehen. Merkbar wird dagegen in Grenzfällen der Verlust an Kontrast und Definition.

Für das achsnähe Gebiet gelten nach [2] in Verbindung mit Abb. 2 nachfolgende Grundformeln für alle Cassegrain-Systeme:

$$f'_G = m f'_1 \quad (6)$$

$$a' = m a \quad (7)$$

$$f'_2 = -\frac{a'}{m-1} \quad (8)$$

Darin bedeutet (ähnlich der optisch äquivalenten Barlowlinse):  $f'_G$  die Gesamtbrennweite des Zweispiegelsystems,  $m$  der Vergrößerungsfaktor des Sekundärspiegels,  $f'_1$  die Brennweite des Hauptspiegels und  $f'_2$  die (negative) Brennweite des Fangspiegels. Der Durchmesser des Sekundär- oder Fangspiegels läßt sich aus der Beziehung:

$$D_2 = \frac{a'}{f_G} D_1 + 2\omega e \quad (9)$$

errechnen. Hierin ist  $D$  der Hauptspiegeldurchmesser,  $\omega$  der halbe Durchmesser des Schfeldes (in Winkelmaß!). Die Bohrung im Hauptspiegel bedingt keinen zusätzlichen Lichtverlust, weil diese Fläche ohnehin durch den Fangspiegel abgeschattet ist. Trotzdem vermeidet man sie bei größeren Spiegeln gern aus fertigungstechnischen Gründen. Dann ist im Strahlengang zwischen dem Sekundärspiegel und dem Hauptspiegel ein zusätzlicher, um 45° gegenüber der optischen Achse geneigter Fangspiegel notwendig, der die Strahlenbündel seitlich aus dem Rohrtubus häufig durch die Deklinationsachse in eine bequeme Beobachtungslage spiegelt. Diese Kon-

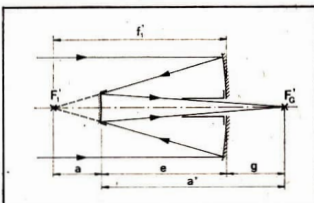
## Das Fernrohr des Sternfreundes — Spiegelfernrohre II —

HERBERT SCHOLZE

### Das Spiegelteleskop nach Cassegrain und seine Varianten

Wird generell für die Arbeit mit höheren Vergrößerungen ein langbrennweitiges Fernrohr benötigt, so wird der Sternfreund die sog. „Zweispiegel-Systeme“ einer näheren Wertung unterziehen. Der Hauptspiegel dieser Geräte ist wieder als Hohlspiegel ausgebildet, aber kurz vor der Vereinigung der Strahlen in der Fokalebene ist ein meist erhabener Fang- oder Sekundärspiegel angebracht. Im Gegensatz zur Newtonschen Anordnung trägt dieser

Abb. 2: Cassegrain-Teleskop.



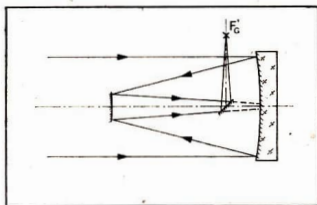


Abb. 3: Nasmyth-Cassegrain-Teleskop.

struktion geht auf den englischen Astronomen Nasmyth (1851) zurück (Abb. 3). Nachteilig ist hierbei das seitentvertauschte Fokallbild, zusätzlicher Lichtverlust durch Reflexion und schwierigere Justierung.

Sehr begrüßenswert ist bei den Zweispiegelsystemen die kurze, kompakte Bauweise, nachteilig, daß durch den Fangspiegel auch alle Herstellungsnauigkeiten des Hauptspiegels entsprechend des Vergrößerungsfaktors  $m$  vergrößert werden, dies trifft auch auf alle thermischen Veränderungen zu, deshalb die unangenehme Temperaturempfindlichkeit der meisten Zweispiegelsysteme (bleibt auf die Glaskeramik zu hoffen!).

Eine weitere störende Eigenschaft der Cassegrain-Anordnung und ihrer Abwandlungen (nicht jedoch der nach Nasmyth) ist die sog. „Tagblindheit“. Am Sekundärspiegel vorbei fällt Licht direkt ins Auge bzw. auf den jeweiligen Strahlungsempfänger, sofern keine besonderen Vorkehrungen dagegen getroffen werden. Dieses Licht stört ungemün bei flächenhaften hellen Objekten oder bei Beobachtung gegen einen aufgehellten Himmel. Der Kontrast wird drastisch gemindert. Bei visueller Beobachtung hilft eine Blende nahe der Austrittspupille, die allerdings für jedes Okular einen anderen Durchmesser haben muß. Dieser wird bei hoher Vergrößerung jedoch so klein, daß sich mechanisch Schwierigkeiten mit der Realisierung ergeben können. Weitere Verbesserung wird durch ein Blendrohr in der Hauptspiegelbohrung erreicht, das eine „Krempe“ vom Durchmesser des Sekundärspiegels in der Hauptspiegelebene trägt. Auch der Fangspiegel sollte ein kurzes konisches Blendrohr erhalten [10] [11].

Wie sieht es nun mit den Bildfehlern des klassischen Cassegrain-Systems? Nehmen wir als erstes den für die visuelle Beobachtung störendsten, den Öffnungsfehler. Auf die Zweispiegelsysteme bezogen läßt sich sagen, daß zu jeder konkaven Hauptspiegelfläche eine Sekundärspiegelfläche existiert, die den Öffnungsfehler des Hauptspiegels kompensiert. Es gibt also theoretisch unendlich viele Möglichkeiten eines Öffnungsfehlerfreien Zweispiegelsystems. In prakt. werden diese Möglichkeiten jedoch durch unterschiedlichste Gründe arg eingeschränkt. Der echte Cassegrain ist dadurch ausgezeichnet, daß er einen Öffnungsfehlerfreien Hauptspiegel besitzt. Dieser Bedingung genügt jedoch als Hohlspiegel nur der von der Newton-Anordnung her bekannte Parabolspiegel. Der erhabene Fangspiegel muß dazu ebenfalls von sphärischer Aberration frei sein und dazu eine hyperbolische Flächenform mit ganz bestimmter Exzentrizität erhalten. Damit ist das Gesamtsystem frei vom Öffnungsfehler und für den visuellen Gebrauch im unmittelbaren ansehbaren Bereich bestens prädestiniert. Leider läßt sich gleiches nicht für den achsennahen Teil des Sehfeldes behaupten. Die außeraliaxiale Koma des Systems ist ebenso wie diejenige eines Kugel- oder Parabolspiegels der gleichen relativen Öffnung, der Astigmatismus jedoch um das  $m$ -fache größer. Auch Bild-

feldwölbung und Verzeichnung sind recht groß, sodaß der Cassegrain-Spiegel ein noch kleineres brauchbares Bildfeld besitzt als der gewöhnliche Parabolspiegel in Newtonscher Anordnung. Der echte Cassegrain ist – wie alle Zweispiegelsysteme – recht empfindlich gegen Veränderung der konstruktiv vorgesehenen Abstände und gegen Zentrierfehler. Zur näheren Unterrichtung darüber sei auf [2] hingewiesen.

Obwohl es eine Reihe von allerdings meist recht umständlichen Prüfmethode für die hyperbolische Form des Sekundärspiegels gibt, dürfte doch die Herstellung eines solchen auch recht erfahrenen Spiegelschleifern großes Kopfzerbrechen bereiten. Aus diesen und anderen Gründen hat man Zweispiegelsysteme ausgedacht, die zwar im paraxialen Bereich Cassegrain-Systeme darstellen, deren Spiegel aber andere Flächenformen aufweisen. Man nennt sie in ihrer Gesamtheit „Quasi-Cassegrain-Systeme“.

Für den Sternfreud ist aus dieser Familie eine Anordnung besonders beliebt geworden, die nach ihren Initiatoren als „Dall-Kirkham-System“ bezeichnet wird. Hier ist der Fangspiegel ein rein sphärischer Konvexspiegel, der durch seine anpolierte Rückseite mittels der Schneidmethode geprüft werden kann und damit in den Bereich der Selbstherstellung durch den versierten Spiegelschleifer kommt. Der zugehörige Hauptspiegel muß dann ein Ellipsoid sein, das bei den gängigen Systemkonstanten zu ca.  $3/4$  parabolisiert ist.

In anderen, jedoch mehr fotografisch interessanten Fällen kann es angezeigt sein, den Hauptspiegel sphärisch zu gestalten, damit er ebenso als Quasi-Cassegrain als auch für eine Schmidt-Kamera im Wechsel nutzbar ist. Diese Ausführung liegt beim Universal-2m-Teleskop des KSO in Tautenburg vor, für Amateurgeräte ist sie wohl weniger interessant.

Beiden Arten dieser Quasi-Cassegrain-Systeme ist, wie beim klassischen Cassegrain, eine perfekte Abbildung auf der Achse eigen. Die außeraliaxiale Koma ist jedoch in beiden Fällen erheblich größer, weshalb das nutzbare Bildfeld noch kleiner ist als beim echten Cassegrain, sofern nicht zusätzliche dioptrische Mittel zur Verbesserung eingesetzt werden.

Als letzte Art des Quasi-Cassegrain sei noch kurz eine Art genannt, die mehr von fotografischem Interesse ist und die bei Großinstrumenten seit Ende der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts zunehmend Verbreitung findet, das Ritchey-Chrétien- oder meist kurz RC-System. Es ist aus der Vielzahl der Quasi-Cassegrains das einzig mögliche, bei dem neben der sphärischen Aberration auch die Koma völlig behoben, das also (wie der Optiker sagt) „aplanatisch“ ist. Dazu muß der Hauptspiegel mäßig und der Fangspiegel stark hyperbolisch deformiert sein. Die Technologie der Herstellung und Prüfung wird beherrscht. Astigmatismus und Bildfeldwölbung sind dann jedoch deutlich größer als beim äquivalenten Parabolspiegel. Die gebräuchliche relative Öffnung liegt bei ca.  $1:8$ . Das System ist auf Grund dieser großen relativen Öffnung und des stark deformierten Fangspiegels besonders zentrierempfindlich. Astigmatismus und Bildfeldwölbung werden mit mehrfeldrigen dioptrischen Korrektionsystemen in der Nähe des Systemfokus korrigiert. Damit wird das nutzbare Bildfeld fast doppelt so groß wie bei einem Parabolspiegel mit gleichen optischen Daten.

Zwei interessanten katadioptrischen Varianten des Cassegrain-Typs seien noch vorgestellt [10].

Wenn gestattet wird, daß der Systembrennpunkt nicht mehr hinter dem Hauptspiegel, sondern zwischen diesem und dem Fangspiegel liegen darf, dann ergibt sich eine drastische Verkleinerung des Fangspiegeldurchmessers mit all ihren Vorteilen. Der dann unzugängliche Systembrennpunkt muß durch eine zusätzliche, am vorderen Ende der Hauptspiegelblende angebrachte Umkehrlinse (evtl. kurzbreitweitiges Fotoobjektiv)



Tabelle 2: Cassegrain-Teleskop-Varianten

| System           | Hauptspiegel | Sekundärspiegel |
|------------------|--------------|-----------------|
| Originalsystem   | Parabel      | Hyperbel        |
| Dall-Kirkham     | Ellipse      | Sphäre          |
| „Tautenburg“     | Sphäre       | Ellipse         |
| Ritchey-Chrétien | Hyperbel     | Hyperbel        |

an eine Stelle hinter dem Hauptspiegel abgebildet werden (Abb. 4). Eine im Blendrohr an geeigneter Stelle angebrachte Blende beseitigt in dieser Anordnung zudem die „Tagblindheit“.

Von Dilworth wird ein System angegeben [11], das im Grundaufbau ähnlich, jedoch mit zwei einfachen Umkehrlinen ausgerüstet ist. Der Sekundärspiegel besteht aus einer Linse, die vom Strahlenbündel zweimal durchlaufen wird und deren dem Objekt zugewandte Fläche verspiegelt ist und als sog. „Manginspiegel“ wirkt. Alle optischen Flächen dieser Konstruktion sind rein sphärisch. Die Durchrechnung hat ergeben, daß selbst bei der großen relativen Öffnung von 1:5 eine sehr gute axiale Korrektur vorhanden ist, die in Verbindung mit dem hier einsetzbaren kleinen Fangspiegel ein sehr gutes axiales Auflösungsvermögen ergeben und das System für Planeten- und Doppelsternbeobachtungen besonders geeignet machen sollte. Astigmatismus und Bildfeldwölbung sind recht groß, so daß die außeraxiale Bildleistung wohl eher mäßig ist, was jedoch bei visuellem Gebrauch nicht so störend in Erscheinung tritt.

## Das Meniskus-Cassegrain-Teleskop („Meniscas“)

Ausgehend von der Korrektur des Öffnungsfehlers bei der bekannten Schmidt-Kamera durch eine recht kompliziert geformte asphärische Korrektionsplatte, wurde bald nach Wegen gesucht, diese Platte durch Linsen mit sphärischen Flächen zu ersetzen. Die Lösung wurde fast gleichzeitig in vier verschiedenen Ländern gefunden, vom sowjetischen Optiker Maksutow jedoch 1941 am frühesten und umfassendsten beschrieben und deshalb auch häufig nach ihm benannt. Die Lösung ist eine fast brechkraftlose, relativ stark durchgebogene, in Objekt-richtung hohle und dünne Meniskuslinse. Die Meniskuslinse ist so ausgelegt, daß außer annähernder Achromasie und Behebung des Öffnungsfehlers auch die Koma und teilweise auch der Astigmatismus behoben ist. Allerdings bleiben Zonenfehler bestehen, da die sphärische Aberration nicht für alle Zonen gleichzeitig eliminiert werden kann. Mit den restlichen Zonenfehlern ist erreichbare Größe und relative Öffnung der Meniskus-Teleskope festgelegt. Die Größe der Zonenfehler wird

durch die konstruktiven Baumaße des Systems bestimmt. Obwohl für visuellen Gebrauch die Verwendung einer Meniskuslinse auch in der Anordnung nach Newton möglich wäre, ist doch die Nutzung in Verbindung mit einem Cassegrain-Teleskop ungleich weiter verbreitet. Die so entstehenden „Meniscas“-Fernrohre, wie sie beispielsweise kommerziell vom VEB Kombinat Carl Zeiss Jena hergestellt werden, sind in den Volks- und Schulsternwarten der DDR verbreitete, leistungstarke Instrumente. Sie entsprechen dem Trend in der Fertigung amateurastronomischer Teleskope nach Systemen mit nahezu beugungsbegrenzter Bildqualität und kompakter Bauweise. Um die Einführung derartiger Meniskus- oder Maksutow-Cassegrain-Fernrohre haben sich besonders J. Gregory mit einer weit verbreiteten Beschreibung [12] und E. Wiedemann [13] mit einer systematischen Untersuchung verdient gemacht. Die geschlossene, von inneren Luftturbulenzen freie und sehr kompakte Bauweise sowie die relativ einfache Herstellung durch ausschließlich sphärische Flächen sind ausschlaggebende Vorteile für den Amateur.

Bei der von Gregory beschriebenen Anordnung ist der zentrale Teil der okularseitigen, erhabenen Meniskusfläche verspiegelt und bildet damit den Sekundärspiegel des Cassegrain-Grundsystems (Abb. 5a). Diese Bauweise gibt neben der einfachen Konstruktion eine sehr kurze Baulänge von nur dem 0,16fachen der Gesamtbrennweite und eine minimale Mittenabschattung. Andererseits sind die verbleibenden Zonenfehler so groß, daß bei 15 cm Öffnung die relative Öffnung auf 1:15 begrenzt ist und auch das visuell und fotografisch nutzbare Bildfeld recht klein bleibt.

Eine geradezu drastische Verbesserung dieses Korrektionszustandes wird erreicht, wenn dem Sekundär-

Abb. 5a: Meniskus-Cassegrain-Fernrohr nach Gregory.

Abb. 5b: Meniskus-Cassegrain-Fernrohr, Sekundärspiegel mit flacherem Radius.

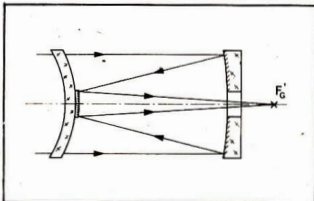
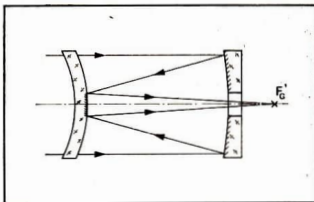
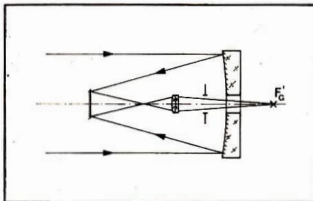


Abb. 4: Cassegrain-Teleskop mit Umkehrlinse.



reicherung sind zu längerfristiger Wärmespeicherung in der Lage. Eine andere Erklärung wäre, daß nach dem Periheldurchgang andere Teile der Kernoberfläche von der Sonne bestrahlt werden als vorher und nun am Sublimationsprozeß teilnehmen können [7]. Die Angaben zur Rotation des Kerns sind zwar immer noch widersprüchlich, als wahrscheinlichste wird jetzt aber eine Drehung in etwa 7,4 Tagen um die lange Achse angesehen, während die Periodizität von etwa 2,2 Tagen auf die Präzession zurückzuführen ist [8].

Dieses Beispiel zeigt eine der vielen noch ungelösten Fragen bei der Erforschung des Halleyschen Kometen. Über 1000 Wissenschaftler haben weltweit an seiner Erforschung teilgenommen. Die Fülle des Beobachtungsmaterials sowohl von der Erde aus, dem erdnahen und interplanetaren Raum und aus der näheren Umgebung des Kometen ist überwältigend. Viele Fragen konnten beantwortet werden, doch zeigen sich auch laufend neue Probleme. Studien für neue Raumflugmissionen zu Kometen haben bereits begonnen und sollen nach dem Willen ihrer Planer noch in diesem Jahrhundert durchgeführt werden [9, 10]. Am weitesten ist dabei das Projekt CRAF (Comet Rendezvous Asteroid Flyby) geblieben. Die Sonde könnte nach einer Flugvariante gleich drei Kometen und zwei kleine Planeten inspizieren [11].

Dabei ist die Arbeit der International Halley Watch noch lange nicht beendet. Gegenwärtig ist man dabei, die gewonnenen Erkenntnisse der verschiedensten Fachgebiete zusammenzutragen und zu diskutieren. Die erste größere Veranstaltung aus diesem Grund, an der rund 500 Wissenschaftler teilnehmen, fand im Oktober 1986 statt, weitere werden folgen. Allein die in den Proceedings des erwähnten „20th ESLAB Symposium on the Exploration of Halley's Comet“ enthaltenen 296 Beiträge füllen in drei Bänden rund 1600 Seiten. Bemerkenswert ist die „Internationalität“, an fast der Hälfte der Beiträge sind Autoren aus verschiedenen Ländern beteiligt.

Der Autor dankt Herrn Dozent Dr. Manfred Reichstein für die Diskussion des Manuskripts.

Lit.: [1] Edberg, S. J.: International Halley Watch Amateur Observers' Manual for Scientific Comet Studies. JPL-Publikation Nr. 85-16 (1983). - [2] Morris, C. S.: On Aperture Corrections for Comet Magnitude Estimates. Publ. Astron. Soc. Pacific 85 (1973) 470-473. - [3] Bortle, J. E.: How to observe comets. Sky and Telescope 61 (1981) 210-214. - [4] Kirsch, K.: Komet Halley - Die Entwicklung der Helligkeit bis zum Perihel. AuR 25 (1987) 21-23. - [5] Fischer, D.: Halley's Lichtkurve - ein Zwischenbericht. Kometen Planetoiden Meteore 2 (1987) Nr. 4, 33-34. - [6] Green, D. W. E., Morris, C. S.: The visual brightness behavior of P/Halley during 1981-86. Proc. 20th ESLAB Symposium on the Exploration of Halley's Comet. ESA SP-250 (1986), Vol. 1, 613-618. - [7] Weissman, P. R.: Post-Perihelion Brightening of Halley's Comet: A Case of Nuclear summer. ebenda Vol. 3, 517-522. - [8] Reinhard, R.: Comet Halley - After the Heidelberg Symposium. ESA-Bulletin Nr. 49 (1987). - [9] Tsou, P., et. al.: Comet coma sample return. Proc. 20th ESLAB Symposium on the Exploration of Halley's Comet. ESA SP-250, Vol. 3, 237-241. - [10] Eberhardt, P., et. al.: The Caesar Project - A comet atmosphere encounter and sample return; ebd. Vol. 3, 243-248. - [11] Neugebauer, M.: Comet Rendezvous - The Next Step. Sky and Telescope 73 (1987) 266-270.

## KURZBERICHTE



### 21. Bezirksfachtagung Astronomie des Bezirkes Karl-Marx-Stadt

Die Karl-Marx-Städter Bezirkskommission „Astronomie und Raumfahrt“ hatte in der Zeit vom 22.-24. Mai dieses Jahres zur nunmehr 21. Bezirksfachtagung nach Plauen eingeladen.

In den Räumen des Klubs der Intelligenz „Erich Knaut“ begrüßte Bfr. Müller, der Vorsitzende der Bezirkskommission, alle bereits am Freitagabend Angereisten und übergab das Wort an Dr. Zickler (Jena). Thema seiner Ausführungen waren Sigmund Jähns Kosmosflug, die MKF 6 und damit erzielte Ergebnisse sowie persönliche Erlebnisse aus dem Flugleistungszentrum. Den Tagungsteilnehmern wurde diese schöne und doch schwere Aufgabe sehr anschaulich vor Augen geführt.

Am Sonnabendvormittag fand die offizielle Eröffnung der Tagung durch Bfr. Albert (Crimmitschau) statt, wobei er auch einige Sternfreunde aus Dresden willkommen heißen konnte, die nun schon zu unseren „Stamrgästen“ zählen.

Danach referierte Prof. Dr. Marx (Tautenburg) über die bisherigen Ergebnisse der Halley-Missionen. Mit Hilfe der Aufnahmen der Vega-Sonden konnten neue Erkenntnisse z. B. über die Kernbewegungen dieses Kometen gewonnen werden. Neben der Feststellung vieler anderer Stoffe bzw. Moleküle gelang ebenfalls der Nachweis des theoretisch vorhergesagten Wasserradikals.

Anschließend sprach Bfr. Ehrenberg (Leipzig) über Nutzungsmöglichkeiten von Bürocomputern für die Astronomie, wie die Ausführung komplizierter Berechnungen, die mit großem Datenanfall verbunden sind, oder für verschiedene Grafiken, so z. B. der anschaulichen Darstellung von Planetenkoordinaten. Der Andrang, welcher in den Pausen an der aufgebauten Apparatur herrschte, zeugte vom regen Interesse am Einsatz moderner Rechentechnik als Hilfsmittel für Astronomen. Trotz einiger kritischer Stimmen kann man sicher sagen, daß die Mehrheit unserer Amateurastronomen in den noch längst nicht ausgeschöpften Möglichkeiten der numerischen Astronomie eine aussichtsreiche Perspektive für die Zukunft sieht. Der Aufbruch von Bfr. Ehrenberg zur Gewinnung neuer Mitglieder für diesen Arbeitskreis bleibt ganz gewiß nicht ungehört.

Als nächstes kam ein Thema zur Sprache, das alle schon mit Spannung erwarteten: Geräte für den Amateur. Bfr. Schreier (Jena), der sich in Zeiss-Gefilden bestens auskennt, gab Ratschläge und Tipps zur Anwendung neuer Zusatzeile und zur Überwindung bereits bekannter Tücken, er informierte natürlich auch über den neuen Zeiss Meniscus 180. Das mitgebrachte Material über Zeiss-Geräte war stets dicht umlagert, und viele konnten neue Anregungen für ihre Arbeit mit nach Hause nehmen.

Im weiteren Verlauf des Sonnabends wurden einige Sternwarten unseres Bezirkes näher vorgestellt. Die Leiter der astronomischen Einrichtungen in Zwickau (Bfr. Liebold), Drebach (Bfr. Müller) und Schneeberg (Bfr. Zill) berichteten über die Anfänge ihrer Beobachtungsstationen, deren Entwicklung bis heute und ihre jetzigen Aufgaben. Die dazu gezeigten Dias machten das Ganze zu einer kleinen Exkursion in verschiedene Teile unseres Bezirkes.

Für den folgenden Vortrag hatte Prof. Penzel, langjähriger Leiter der Sternwarte Rodewisch, das 30-jährige

Jubiläum des Startes von Sputnik 1 zum Anlaß genommen. Er erzählte anschaulich über die Entstehung und Entwicklung der Rodewischer Schulsternwarte zur Satellitenbeobachtungsstation. Hierbei sind sicherlich ganz besonders das Engagement und der Einsatz Prof. Penzels zu würdigen, mit dem er sich um die Weiterentwicklung der Sternwarte verdient machte. Die Erstbeobachtung von Sputnik 1 war der „Startschuß“ für die Satellitenbeobachtungsstation 1185, deren Meßergebnisse in internationalen Zentren ausgewertet werden.

Der Sonnabend klang mit einem geselligen Beisammensein aus, Erfahrungen wurden ausgetauscht, Neues erzählt und Pläne für die Zukunft geschmiedet.

Für den Sonntag waren diesmal keine Vorträge, sondern eine Fahrt zur Kosmosausstellung in Morgenröthe-Rautenkranz und zur Sternwarte in Rodewisch vorgesehen. In Rautenkranz wurden wir von einem Mitarbeiter der Einrichtung mit den von Sigmund Jähn und Waleri Bykowski durchgeführten Experimenten und mit der Entwicklung der Raumfahrt allgemein bekanntgemacht. Das Jubiläum „30 Jahre Sputnik 1“ spielte dabei natürlich eine Rolle. Im Vortragsraum zeigte man dann den Film über Sigmund Jähns Kosmosflug. Auch der zweite Teil der Ausstellung mit den Erinnerungstücken beider Kosmonauten war interessant. Beim anschließenden Besuch der Sternwarte Rodewich wurden wir von ihrem neuen Leiter, Bfr. Ruhnów, erwartet. Nach einer Demonstrationsführung im Planetarium entspann sich eine aufschlußreiche Diskussion über die Heranführung verschiedener Altersgruppen an die Astronomie, mit der diese Tagung ausklang.

Hier sei noch – im Namen aller Tagungsteilnehmer – ein großes Lob an die Organisatoren und Referenten dieser Bezirksfachtagung ausgesprochen. Ihnen gebührt der Dank für die sehr gute Planung und eine abwechslungsreiche Gestaltung.

Zuletzt wäre vielleicht noch eine Kritik angebracht, die während der Tagung laut wurde: einige Teilnehmer waren offenbar nicht in der Lage, ihre Anmeldung ausgefüllt an die Bezirkskommission zurückzuschicken. Es bleibt zu hoffen, daß sich beim nächsten Mal jeder diese kleine Mühe macht.

KATRIN BORTISCH, INA DRECHSEL

## Spezialistenlager des AK Raumfahrt

Anläßlich der 30. Wiederkehr des Starttages von „Sputnik 1“ führte der Arbeitskreis Raumfahrt der ZKAR des Kulturbundes der DDR erstmalig ein Spezialistenlager für raumfahrtinteressierte Jugendliche durch. Es fand vom 3. bis 8. August 1987 in der Station Junger Techniker und Naturforscher „W. M. Komarow“ Großhartmannsdorf (Bezirk Karl-Marx-Stadt) statt und umfaßte 20 Jugendliche aus vielen Teilen der DDR zusammen.

Für ein erfolgreiches Gelingen des Lagers hatte Herr Klaus Rümmler, der das Lager leitete, alles gut vorbereitet und organisiert. Das abwechslungsreiche Programm bestand aus Exkursionen, Vorträgen Modellvorführungen, Bau von Anschauungsmitteln, Foren und Diskussionsrunden. Die Exkursionen führten u.a. ins Militärpolitische Kreiskabinett Brand Erbsdorf und nach Freiberg zu einem Urania-Vortrag über den „Nutzen der Raumfahrt“.

Zum Höhepunkt des Lagers wurde das Expertenforum

mit Vortrag und anschließender Diskussionsrunde, zu dem Oberst a. D. OMR Prof. Dr. H. Fritze und Dipl.-Ing. H.-D. Naumann, Vorsitzender des Arbeitskreises Raumfahrt, eingeladen waren. Nachts führten wir Himmelsbeobachtungen durch, soweit es das Sommerwetter 1987 gestattete.

In der Station standen uns eine umfangreiche Astro-bibliothek, ein Fotolabor und ein Computerkabinett zur Verfügung, wovon reger Gebrauch gemacht wurde. Wir nutzten diese Tage, um unsere Erfahrungen auszutauschen und unser Wissen zu erweitern. Von dieser Stelle aus danken wir besonders Herrn Rümmler und hoffen auf ein Wiedersehen im nächsten Jahr. Ebenso Dank gilt der Leitung der Station, die ihre Einrichtungen für die Durchführung des Lagers zur Verfügung stellte.

SVEN UNGELENK

## Die X. Zentrale Tagung für Astronomie

wird, wie bereits mitgeteilt, am 26., 27. und 28. 2. 1988 in Dresden stattfinden.

### Vorläufiges Tagungsprogramm:

#### Donnerstag, 25. 2. 1988

nachmittags: Ehrung des Bauern und Amateurastronomen Georg Palitzsch (aus Anlaß seines 200. Todestages) auf dem Friedhof Dresden-Prohlis

#### Freitag, 26. 2. 1988

Tagesthema: Astronomie und Heimatgeschichte als Amateurtätigkeiten

#### Vorträge:

Astronomiegeschichte als Tätigkeitsgebiet für Amateurastronomen

Georg Palitzsch – Leben und Werk

Zum 300. Todestag von Georg Samuel Dörffle

Amateurarbeiten in der historischen Sektion der Tschechoslowakischen Astronomischen Gesellschaft

Mittelalterliche astronomische Großuhren – Funktion,

Anzeigen, Aufbau

Gnomonik und Amateurastronomie

#### Sonnabend, 27. 2. 1988

Tagesthema: Amateurbeobachtungen an Objekten des Sonnensystems

#### Vorträge:

Aussagen der neuesten Meteoritenforschung für die vergleichende Planetologie

Amateurarbeiten in den Arbeitskreisen „Planeten“ und „Meteore“

Beobachtungs- und Auswertungsinstrumente für den Amateur – selbst gebaut

Amateurarbeiten in den Arbeitskreisen „Raumfahrt“ und „Kometen“

Astronomische Amateurbeobachtungen in der CSSR und in Ungarn

#### Sonntag, 28. 2. 1988

Öffentlicher Vortrag im Rahmen der Tagung:

Sind wir allein im Weltall? Astronomen auf der Suche nach anderen Bewohnern des Universums



Das Rahmenprogramm sieht u. a. die Besichtigung der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“ in Radebeul vor. Außerdem wird über Arbeitsmöglichkeiten für Amateure in der Zentralen Amateursternwarte „Erich Bartl“ (Apolda), der Jugend- und Feriensternwarte des Kulturbundes (Drebach) und der Volkssternwarte Kirchheim informiert. Für persönliche Gespräche der Amateure untereinander ist reichlich Zeit vorgesehen. Für die Übernachtung stehen Quartiere in unteren und mittleren Preislagen zur Verfügung.

Anmeldungen zur Teilnahme an der Tagung nimmt die Zentrale Kommission Astronomie und Raumfahrt ab sofort unter folgender Anschrift entgegen:

Kulturbund der DDR, Bundessekretariat, Zentrale Kommission Astronomie und Raumfahrt, Postfach 34, Berlin, 1030. Letzter Anmeldetermin ist der 10. 2. 1988.

## Ehrung für Johann Gottfried Galle

Am 9. Juni jährte sich zum 175. Mal der Geburtstag des Astronomen J. G. Galle. Aus diesem Anlaß fanden in Gräfenhainichen, Bezirk Halle, mehrere Veranstaltungen unter reger Anteilnahme der Bevölkerung sowie der örtlichen gesellschaftlichen und staatlichen Organe statt.

In einer Festrede am Galle-Denkmal würdigte Dr. J. Hamel von der Archenhold-Sternwarte Berlin dessen Bedeutung als Astronom und Hochschullehrer. Durch die Auffindung des Planeten Neptun in der Nacht vom 23. zum 24. Sept. 1846 wurde der Name Galles mit der Geschichte der Astronomie verknüpft. Beseit von starkem Interesse und großem wissenschaftlichem Eifer führte ihn sein Weg aus den einfachen Verhältnissen einer Teerschwelersfamilie in die Spitze der internationalen Astronomie. Galles Entdeckung des Neptun, auf der Grundlage von Berechnungen des französischen Astronomen U. J. J. Leverrier, trug mit dazu bei, den Ruf Berlins als bedeutendes Zentrum der astronomischen Forschung zu festigen. Nach seiner Berufung zum Direktor der Universitätssternwarte Breslau wandte sich Galle vor allem Fragen der Meteorologie und Kometenberechnung zu. Hier fand er als Professor für Astronomie ein reiches Betätigungsfeld, das ihn bis zu seiner Emeritierung 1897 voll erfüllte.

Im Anschluß an die Festveranstaltung bestand die Gelegenheit, in Radis das Kirchenbuch mit der Geburts- und Taufeintragung Galles einzusehen (s. u.) sowie das ehem. Dorfschulgebäude, das Galle von 1818 bis 1825 besuchte, zu besichtigen. Danach wurde dem „Pabsthaus“ dem zwischen Gräfenhainichen und Radis gelegenen Geburtsort Galles, in Besuch abgestattet. Hier weist seit 1909 eine Gedenktafel auf den Astronomen hin. Am Haus sind noch heute Reste des von Galles Vater betriebenen Teerofens zu sehen.

Am Nachmittag hielt Dr. Hamel vor Schülern und interessierten Bürgern, darunter auch die Mitglieder der neugegründeten FG Astronomie des Kulturbundes, einen Vortrag über Galle und seinen Platz in der Astronomiegeschichte.

Abschließend sei noch der bisher unveröffentlicht gebliebene, Galle betreffende Passus aus dem Kirchenbuch von Radis zitiert. Die Angaben bedeuten in der Reihenfolge: Lfd.-Nr., Geburtstag und Stunde, Tag der Taufe, Name des Kindes, Name des Vaters mit Berufsangabe und Herkunft.

„8. Der Neunte Jun: Mittags gegen Ein Uhr. Der Dreyzehnte Jun: Johann Gottfried. Johann Gottfried Gallerus, Pechbrenners im Pabstholze Erstes Kind.“

INGO PFEIFER



## Johannes Classen 30. Oktober 1908 bis 4. August 1987

Mitten aus seinem streitbaren, ganz der Astronomie gewidmeten Leben wurde Johannes Classen, Sternwarte Pulsnitz, plötzlich durch den Tod gerissen. Den Sternfreunden unseres Landes, mehr vielleicht noch den Fachastronomen der Sowjetunion und der USA war er als Privatgelehrter, Herausgeber von 22 Schriften im Eigenverlag und Autor unzähliger astronomischer und raumfahrttechnischer Beiträge bekannt. Mit Classen verlieren wir einen Mann voller Ideen, der seit früher Jugend der Astronomie zugetan war.

Johannes Classen wurde 1908 als Sohn eines kaufmännischen Angestellten in Pulsnitz geboren. Mütterlicherseits war er mit dem in Rammenau (Kreis Bischofsverda) geborenen Philosophen Johann Gottlieb Fichte verwandt, dessen Briefe zu den bibliophilen Raritäten Classens gehören. Nach Volks- und Realschulbesuch, Bankangestelltenzeit, Verkäufer- und Leineweberlaufbahn studierte er, mit kurzen Unterbrechungen, von 1929 bis 1933 an der Friedrich-Wilhelm-Universität zu Berlin Astronomie und Philosophie. 1933 wurde er wegen einer Flugblattaktion von der Universität verwiesen und mußte des Textilgeschäft der früh verstorbenen Eltern in Pulsnitz übernehmen. Mit großem Ehrgeiz und unter Verzicht auf alle Annehmlichkeiten des Lebens baute er eine eigene Sternwarte als wissenschaftliche Einrichtung auf. Dabei spezialisierte sich Classen zunächst auf Infrarot- und Ultraviolettphotografie und fotografierte 1937 mit diesen Methoden als erster die Milchstraße. Den Grundstein zu seiner umfangreichen Bibliothek legte der wertvolle Nachlaß des Astronomen Ludendorff.

Über den Krieg rettete ihn eine mit Ätzungsmitteln herbeigeführte Wehrdienstuntauglichkeit. In den letzten



Kriegswochen stellte er sich erst der 9. Infanteriedivision der 2. Polnischen Armee als Führer durch die Lausitz zur Verfügung und trug dabei unter anderem zur kampflosen Übergabe seiner Heimatstadt bei. Nach dem Rückzug der polnischen Truppen geleitete er das Offizierskorps der 1. Ukrainischen Front in die Umgebung von Pulsnitz. Bereits im Gründungsjahr unserer Republik tagten in seiner Sternwarte Schuldirektoren und Astronomen, um über die Einführung eines Astronomieunterrichtes in der DDR zu beraten. Es ist das tragische Geschick eines Privatwissenschaftlers, der sein ganzes Leben um die Anerkennung als Akademiker kämpfte, im eigenen Land nicht für das gewürdigt zu werden, wofür er gewürdigt werden sollte. Denn zweifellos sind seine Veröffentlichungen, die statistisches Material enthalten oder auf historischen Recherchen beruhen, ausgezeichnete Nachschlagewerke für die Astronomen in aller Welt. Von seinen Broschüren, die bis heute in einer Auflagenhöhe von über 58 000 Exemplaren gedruckt wurden, sind „Die teleskopische Beobachtung der Kometen“, „Die internationalen Sternwarten vor 100 Jahren“ oder „Catalogue of 230 Meteorite Craters, thereto of 78 erroneous objects“ und „Maps of 230 Meteorite Craters, thereto of 78 erroneous objects“ besonders hervorzuheben. Verschiedene seiner Publikationen wurden im Ausland verlegt, zum Beispiel „Das Innere des Mondes“ von der Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion oder „Die Entgasung des Mondes“ in Großbritannien.

Der Name Johannes Classen steht heute vor allem für eine Meteoritensammlung, die auf der Erde ihresgleichen sucht. Die Beschaffung von Meteoriten wurde von Classen 1926 mit einem Stück von Moos begonnen und durch Tausch-, Kauf-, Leih- und Geschenkverkehr bis zu seinem Tode auf die stattliche Zahl von 266 erweitert.

Seine erfolgreichen Vermittlungsbemühungen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen der Sowjetunion und der USA verschafften ihm auch Mondproben.

Die großen 291- und 119-kg-Meteoriten sind eine besondere Attraktion der Classenschen Sammlung, die für den unermüdlichen Wissenschaftler ohne Dokortitel keine bloße Schau-, sondern eine Arbeitssammlung war. Seiner Unterstützung verdanken die verschiedensten Wissenschaftseinrichtungen des In- und Auslandes Untersuchungsproben, die sie wegen des meist unvermeidlichen Substanzverlustes kaum von einem staatlichen Museum erhalten hätten.

Kaum einer erlebte ihn privat: den begeisterten Natur- und Wanderfreund, der nie einen Regenschirm zu benutzen pflegte, den großen Musikliebhaber und ständigen Prämierengast im benachbarten „Elbflorenz“, den Vegetarier, der sich eine wahrhaft asketische Lebensweise aneignen hatte.

Unser Sternfreund Johannes Classen hinterläßt drei Töchter und einen Sohn, denen unser tiefstes Mitgefühl gehört.

Der Rat der Stadt Pulsnitz signalisierte seine Bereitschaft, im Einvernehmen mit den Erben, das Classensche Vermächtnis der Öffentlichkeit zu bewahren.

JÜRGEN HELFRICHT

in Čingov bei Spišská Nová Ves. Etwa 100 Schüler zwischen 15 und 18 Jahren sowie Deligationen aus den VR Polen, Ungarn und Bulgarien waren in die reizvolle Landschaft des Slowakischen Paradieses (Slovenský Raj) gekommen, um astronomische Betätigung und Erholung miteinander zu verbinden. Die Teilnehmer konnten sich entsprechend ihren Neigungen in Arbeitsgruppen beschäftigen, für die abendlichen Beobachtungen unter einem sternklaren Gebirgshimmel standen drei Fernrohre zur Verfügung.

In bewährter Weise wurde eine Busexkursion nach Levoča zur Zipser Burg und anderen Kulturstätten veranstaltet. Die ausländischen Besucher hatten Gelegenheit, die vorbildlich ausgebauten Volkssternwarte in Rožnava zu besichtigen.

ARNOLD ZENKERT

## BEOBSACHTUNGSHINWEISE



### Streifende Sternbedeckungen 1988

Gegeben sind die streifenden Sternbedeckungen durch den Mond, bei denen Aussichten für eine erfolgreiche Beobachtung bestehen. Nicht alle Ereignisse laufen jedoch unter günstigen Bedingungen ab. Man achte in diesem Zusammenhang darauf, welche Helligkeit der Stern besitzt, wie groß der beleuchtete Teil des Mondes ist, in welcher Höhe sich das Ereignis abspielt und schließlich ob es am hellen oder dunklen Mondrand stattfindet.

Jean Meeus (Belgien) führte alle Berechnungen durch. Die Sternpositionen basierten auf dem „XZ“ Katalog (Washington), der eine höhere Genauigkeit bietet, als Robertsons Zodiacal Cataloge. Die exakten Mondpositionen sind aus der modernen Mondtheorie von Chapront (Paris) abgeleitet.

Die Karte zeigt den Verlauf der Grenzlinien über das Gebiet der DDR, wobei nördliche Grenzlinien gestrichelt, südliche dagegen durchgezogen gezeichnet sind.

In der Tabelle sind die Zeiten, die Höhen des Sterns sowie die Positionswinkel der Kontakte (gezählt vom Nordpunkt der Mondscheibe) jeweils für Beginn und Ende der Grenzkurve auf dem Gebiet der DDR gegeben. Die Spalte „Rand“ sagt aus, ob sich die Erscheinung am dunklen (d) oder hellen (h) Mondrand abspielt. Unter „k“ ist die Größe des beleuchteten Teils der Mondscheibe verzeichnet, wobei noch zu erkennen ist, ob es sich um zu (+) oder abnehmenden (—) Mond handelt.

Auf drei Ereignisse soll hier besonders hingewiesen werden. Bei den streifenden Sternbedeckungen von Sep. 28. und Dez. 1 sind die beteiligten Sterne Doppelsterne. Die Komponenten von  $\epsilon$  Ari (5<sup>m</sup> 2 und 5<sup>m</sup> 5) stehen 1'' 4 voneinander entfernt (Positionswinkel 204°). Das Paar  $\epsilon$  Leo (4<sup>m</sup> 4 und 4<sup>m</sup> 8) hat einen Abstand von nur 0''.1.

Während einer Plejadenbedeckung Jan. 27 findet auch eine streifende Bedeckung des hellsten Plejadensterne,  $\eta$  Tau, am dunklen Mondrand statt. Der exakte Verlauf der Grenzkurve dürfte hier von größerem Interesse sein:

| Länge (Ost) | Breite   | MEZ                                   | Positionswinkel |
|-------------|----------|---------------------------------------|-----------------|
| 109.0000    | +51.5363 | 21 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> = 35* | 163° 58         |
| 11.0000     | 51.5966  | 21 20 13                              | 163.85          |
| 12.0000     | 51.6462  | 21 21 49                              | 164.11          |
| 13.0000     | 51.6849  | 21 23 23                              | 164.37          |
| 14.0000     | 51.7131  | 21 24 57                              | 164.63          |
| 15.0000     | 51.7308  | 21 26 29                              | 164.88          |

## 19. Treffen der Jungen Astronomen der Slowakei vom 4. — 11. 7. 1987

Im Rahmen der seit 12 Jahren bestehenden freundschaftlichen Beziehungen zwischen dem Astronomischen Zentrum „B. H. Bürgel“ Potsdam und dem Verband der Amateurastronomen der Slowakei beteiligten sich der Leiter sowie zwei Schüler an dem diesjährigen Treffen

Tabelle 1

| Datum<br>1988 | Stern          | Helligkeit | MEZ                | Positionswinkel    | h     | Rand k |     |    |   |        |
|---------------|----------------|------------|--------------------|--------------------|-------|--------|-----|----|---|--------|
| Jan. 24       | 222 B. Psc     | 7 m1       | 23°05 <sup>m</sup> | 23°06 <sup>m</sup> | 155°3 | 155°98 | 10° | 7° | d | 0.39 + |
| Jan. 27a      | 19 Tau         | 4.4        | 20 21              | 20 25              | 341.0 | 341.8  | 61  | 59 | h | 0.69 + |
| Jan. 27b      | 21 Tau         | 5.8        | 20 47              | 20 50              | 342.1 | 342.6  | 61  | 60 | h | 0.69 + |
| Jan. 27c      | 22 Tau         | 6.5        | 20 51              | 20 55              | 342.5 | 343.2  | 58  | 57 | h | 0.69 + |
| Jan. 27d      | $\eta$ Tau     | 3.0        | 21 20              | 21 25              | 163.9 | 164.7  | 56  | 53 | d | 0.70 + |
| Mrz. 28       | BD +18°2207    | 7.5        | 22 02              | 22 10              | 32.1  | 33.1   | 53  | 54 | d | 0.82 + |
| Apr. 18       | 16 Tau         | 5.4        | 22 01              | 22 02              | 351.5 | 351.7  | 5   | 2  | d | 0.07 + |
| Aug. 6        | 22 Tau         | 6.5        | 1 15               | 1 16               | 338.8 | 338.8  | 23  | 24 | d | 0.37—  |
| Sep. 28       | $\epsilon$ Ari | 4.6        | 21 13              | 21 15              | 334.9 | 334.9  | 23  | 24 | d | 0.87—  |
| Okt. 22       | 81 Aqr         | 6.4        | 0 34               | 0 36               | 145.2 | 146.0  | 19  | 15 | d | 0.86 + |
| Okt. 23       | 60 B. Psc      | 6.0        | 0 55               | 0 59               | 145.0 | 145.9  | 28  | 24 | d | 0.93 + |
| Dez. 1        | $\epsilon$ Leo | 3.8        | 0 01               | 0 01               | 24.0  | 24.4   | 6   | 9  | h | 0.53—  |

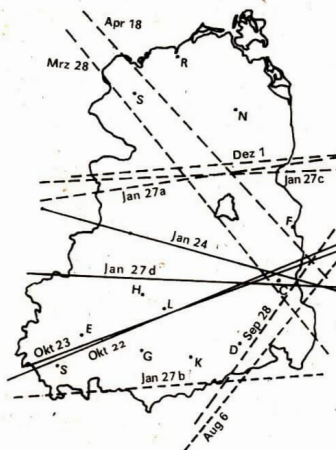


Abb. 1: Verlauf der Grenzlinien im Gebiet der DDR.

Die Daten gelten für den mittleren Mondrand und sind auf Meeresspiegelmöhe gerechnet. Ist das tatsächliche Mondrandprofil bekannt, kann die Verschiebung der Grenzkurve rechtwinklig zu ihrem Verlauf berechnet werden aus  $1.86 D/0.9143$  (D Abweichung vom mittleren Mondrand in Bogensekunden, Ergebnis in Kilometern). Während die Verschiebungen dadurch in beiden Richtungen erfolgen können, kann die Grenzkurve durch die Höhe des Beobachtungsortes nur nach Süden wandern, zu berechnen in Metern aus  $H/2.2566$ . Diese Formeln gelten nur für die streifende Bedeckung von  $\eta$  Tau Jan. 27. Die exakten Daten einzelner weiterer in der Tabelle verzeichneter Erscheinungen können beim Verfasser angefordert werden. A. D.

## Sehr enge Konjunktion Mars – Uranus

Am Abend des 22. Februar 1988 zieht Mars sehr nahe nördlich an Uranus vorbei. Zur Zeit der größten Annäherung gegen  $21^h48^m$  MEZ haben beide Planeten einen scheinbaren geozentrischen Abstand von nur  $40''$ . 47. Leider steht dabei das Planetenpaar für uns unter dem Horizont. Wenn Mars und Uranus dann am Morgenhimmel erscheinen, wird sich ihr Abstand bereits wieder auf einige Bogenminuten vergrößert haben. Doch selbstverständlich wird das Planetenpaar auch dann noch einen sehr schönen Anblick bieten und ein lohnendes Fotomotiv sein.

Bis zur Jahrhundertwende wird es keine derart enge Konjunktion zweier Planeten mehr geben. Nur zweimal noch werden sich Planeten auf einen Abstand  $<1'$  nähern, beide Male jedoch unter sehr ungünstigen Beobachtungsbedingungen (1989 Aug. 5 Merkur  $47''$  von Mars entfernt, 2000 Mai 17 Konjunktion Venus-Jupiter in  $42''$  Abstand). A. D.

## Enge Begegnungen des Komet Borrelly mit Objekten des Fixsternhimmels

| Datum (UT)      | Objekt       | Komet          |
|-----------------|--------------|----------------|
| 1987 Dez. 21. 9 | $\xi^2$ Cet  | $1^{\circ}0$ W |
| 1988 Jan. 4. 7  | $\alpha$ Ari | 5.2 O          |
| Jan. 29. 9      | $\beta$ Per  | 0.3 W          |
| Jan. 30. 8      | $\beta$ Per  | 0.3 N          |
| Feb. 12. 2      | $\delta$ Per | 0.7 S          |
| Feb. 23. 0      | NGC 1528     | 1.1 S          |

## Komet Bradfield (1987s)

Bahnelemente des Kometen (aus IAU Circular 4442):

|                    |                   |          |
|--------------------|-------------------|----------|
| Periheliumtermin   | 1987 Nov. 7.117   | } 1950.0 |
| Periheliumdistanz  | 0.87094 AE        |          |
| Periheliumargument | $73.072^{\circ}$  |          |
| Knotenlänge        | $267.356^{\circ}$ |          |
| Bahneigung         | $34.080^{\circ}$  |          |

| Datum      | RA (1950) | Dekl.   | d       | r       | m <sub>1</sub> | Elong. | Epemeride (berechnet von Manfred Rätz): |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|--------|---|
| 1987 12 31 | 23°20'3   | +26°01' | 0.93 AE | 1.29 AE | 7m0            | 85°    |   |
| 1988 01 05 | 23 52.5   | +26 15  | 0.99    | 1.35    | 7.3            | 87     |   |
| 1988 01 10 | 0 21.9    | +26 11  | 1.06    | 1.42    | 7.6            | 88     |   |
| 1988 01 15 | 0 48.5    | +25 56  | 1.14    | 1.48    | 8.0            | 88     |   |
| 1988 01 20 | 1 12.4    | +25 34  | 1.22    | 1.54    | 8.3            | 88     |   |
| 1988 01 25 | 1 33.9    | +25 09  | 1.32    | 1.61    | 8.7            | 88     |   |
| 1988 01 30 | 1 53.3    | +24 43  | 1.42    | 1.67    | 9.0            | 86     |   |
| 1988 02 04 | 2 10.9    | +24 17  | 1.52    | 1.74    | 9.3            | 85     |   |
| 1988 02 09 | 2 27.0    | +23 53  | 1.63    | 1.80    | 9.6            | 83     |   |
| 1988 02 14 | 2 41.8    | +23 31  | 1.74    | 1.87    | 9.9            | 81     |   |
| 1988 02 19 | 2 55.5    | +23 11  | 1.86    | 1.93    | 10.2           | 79     |   |
| 1988 02 24 | 3 08.4    | +22 53  | 1.97    | 2.00    | 10.5           | 77     |   |
| 1988 02 29 | 3 20.5    | +22 36  | 2.09    | 2.06    | 10.7           | 75     |   |
| 1988 03 05 | 3 31.9    | +22 22  | 2.21    | 2.13    | 11.0           | 72     |   |

## REZENSIONEN

### Der Halleysche Komet im Jahre 1910

Das Buch ist eine Sammlung zeitgenössischer Berichte in Form einer Reprintausgabe, die vom Zentralantiquariat der DDR anlässlich der Wiederkehr des Halleyschen Kometen herausgegeben wurde. Sie beinhaltet eine umfangreiche Sammlung von Halley-Artikeln aus der Fachzeitschrift *Astronomische Nachrichten* und aus populären Publikationen des Zeitraumes zwischen 1909 bis 1911. Der Inhalt reicht von reinen Positionsangaben des Kometen bis zu Beschreibungen des Phänomens „Halley“.

Diese Sammlung von Berichten enthält auch solche über den Durchgang der Erde durch den Schweif des Kometen. Von einer darauf zurückzuführenden „Weltuntergangsstimmung“, die aufgrund damals noch weit verbreiteten Aberglaubens bei Halleys Wiederkehr nicht selten war, ist in den Berichten jedoch nichts zu finden. Diese Thematik berührt erst der letzte, umfangreichste Beitrag, die Schrift des damaligen Direktors und Begründers der Treptower Sternwarte, F. S. Archenhold, die den Titel „Kometen, Weltuntergangsprophezeiungen und der Halleysche Komet“ trägt.

Archenholds damals weit verbreitete Schrift – sie erfreut in wenigen Monaten drei Auflagen – macht den Hauptteil des Buches aus. Sie entstand auf der Grundlage von Vorträgen, die Archenhold in der Sternwarte gehalten hat. Da der Besucherandrang zu diesen Vorträgen und öffentlichen Beobachtungen sehr groß war, entschloß sich Archenhold, seinen Vortrag als Broschüre herauszugeben. Diesem Umstand verdanken wir den Erhalt dieses kulturhistorischen Zeugnisses. Es stellt eine historische Dokumentation der Kometenforschung dar und ist aus dieser Sicht heute noch sehr interessant. Das Wissen über diese Kleinkörper hat sich natürlich erweitert und bestimmte Darstellungen sind heute überholt, so daß zum physikalischen Inhalt manche Korrekturen anzubringen wären. Trotzdem stellt die Archenholdsche Publikation aus historischer Sicht ein bibliographisches Kleinod dar und sollte schon deshalb seine Daseinsberechtigung auf unserem Büchermarkt haben.

Das Vorwort von F. Fritze ist eine lebendig geschriebene Einleitung, die den Stand der Kometenforschung bis 1985 skizziert. Sie stellt aber leider keinen Bezug zum Inhalt des Buches her, sondern paßt ihrem Charakter nach

mehr zu einer Darstellung über die Physik der Kometen als zu einer Sammlung zeitgenössischer Berichte. So wurde die Möglichkeit der historischen Einordnung des Werkes und die Berücksichtigung der historischen Zusammenhänge, die man im Vorwort zu einer Reprintausgabe eigentlich erwartet, völlig außer acht gelassen. Zum Schluß muß hervorgehoben werden, daß es dem Zentralantiquariat gelungen ist, auch angesichts einer schlechten Druckvorlage, ein Büchlein in guter Qualität herauszugeben zu haben, das sogar noch bei der nächsten Wiederkehr Halleys interessierte Leser finden wird.

DIETMAR FÜRST

**Fritze, Klaus:** *Der Halleysche Komet im Jahre 1910.* Kometen Weltuntergangsprophezeiungen und der Halleysche Komet. Zentralantiquariat der DDR, Leipzig, 1985, 143 Seiten, Preis: 15,— M.

### Kleine Praktische Astronomie

Im 90. Lebensjahr von Paul Ahnert liegt nun die dritte, durchgesehene Auflage seiner *Kleinen Praktischen Astronomie* vor. Daß es sich dabei um ein sehr notwendiges, wichtiges Standardwerk für den Liebhaber astronomie handelt, braucht hier wohl nicht mehr näher begründet zu werden. Zusammen mit dem Vorgänger, den Beobachtungsobjekten für den Liebhaber astronomie, dürfte es sich bei diesem Buch inzwischen um das am weitesten verbreitete Werk des Autors handeln.

Die 3. Auflage ist gegenüber der 2. Auflage fast unverändert. Lediglich einige Druckfehler sind beseitigt und einige Ergänzungen vorgenommen worden. Als wichtige Ergänzung für eine nächste Auflage sollte im Kapitel 2 das neue Amateurlinienkop Cassegrain-Ménikass vom VEB Carl Zeiss Jena betrachtet werden.

Die weltweiten Verwirrungen und technischen Probleme infolge der Einführung des neuen Systems astronomischer Größen und Konventionen durch die IAU haben auch um dieses Buch keinen Bogen gemacht. So sind z. B. die Standardepochen 1900, 1950 und 2000 nebeneinander verwendet und bei der Angabe geographischer Längen findet sowohl die alte als auch die neue Vorzeichenkonvention Anwendung. Im Abschnitt 3.2. können nun einige Angaben aktualisiert und Lücken aufgefüllt werden. In absehbarer Zeit wird man sicher den Katalog der 614 Fixsterne (3.3.10.) auf die neue Standardepochen umstellen müssen. Dabei sollte überlegt werden, ob man nicht die galaktischen Koordinaten zugunsten einer Genauigkeitserhöhung der Äquatorialen weglassen könnte.

Man muß Autor und Verlag dankbar sein, daß dieses wichtige Buch seit Jahren fast ununterbrochen lieferbar ist. Sowohl neue Liebhaber der Astronomie als auch Amateure, deren Exemplar nach vielem Gebrauch unbenutzbar geworden ist, haben so ständig die Gelegenheit zum Erwerb der Kleinen Praktischen Astronomie.

ANDREAS DILL

Ahnert, Paul: *Kleine Praktische Astronomie*. 3. Auflage. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1986, 104 S., 74 Bilder, Pappband, 18,— M, Best.-Nr. 793 0869

## Ist unsere Atmosphäre noch im Gleichgewicht?

Der Verfasser stellt die 120 Seiten seines Buches unter diese Frage, wobei es nicht schlechthin um das Gleichgewicht geht, sondern auch darum, ob es heute noch vorhanden ist. Vier Themenkomplexe stehen im Mittelpunkt: Nimmt die Luftverschmutzung zu? Haben wir ausreichend Sauerstoff? Der strapazierte Ozonschild und Das CO<sub>2</sub>-Problem und unser künftiges Klima.

Vorweg sei gesagt, das Buchlein bietet mehr, als die Seitenzahl vermuten läßt. Unbedingt populär ist die Thematik nicht in jedem Fall behandelt. Eine Mitarbeit des Lesers wird vorausgesetzt. Ausgangspunkt ist der heutige fundierte Wissensstand und wenn notwendig, wird gesagt, wo die Spekulation beginnt. Werden Gefahren einer evtl. Zerstörung der Ozonschicht oder weltweiter Klimaänderung diskutiert, so geschieht das fern von Effekthascherei. In unserer Atmosphäre, darauf macht der Autor aufmerksam, herrscht ein Fließgleichgewicht. Offene Systeme haben die Möglichkeit, sich zu entwickeln, können aber auch „umkippen“. Das wäre z. B. denkbar, wenn anthropogene Einflüsse gewisse Grenzen überschreiten. Die Selbstreinigungskräfte der Natur sind nicht unerschöpflich.

Probleme der Klimaänderung, Klimamodellrechnungen, Kohlendioxidkreisläufe, die wichtige Rolle der Ozeane als CO<sub>2</sub>-Absorber, Wirkungen des steigenden Energieverbrauchs, Änderungen der Solarkonstanten, Auswirkungen der hohen Methanproduktion bei intensiver Viehhaltung, die Fragen der Stickstoffdüngung, aber auch des „nuklearen Winters“ werden vom Autor behandelt. Wohin geht die Reise unserer Atmosphäre, ist sie noch im Gleichgewicht?

Verbindliche Antworten vermag der Autor nicht immer zu geben. Den Leser neugierig, nachdenklich und vielleicht etwas umweltbewußter gemacht zu haben, dürfte ihm aber stets gelungen sein.

HELMUT KAUF

Sonnemann, Gerd: *Ist unsere Atmosphäre noch im Gleichgewicht?* Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1986, 120 S. 25 Abb., 130 mm x 250 mm, 7,80 M, Best.-Nr. 653 933 5.

## Berichtigung zu AuR 3/1987, 2. Umschl.-S.

Die Bilder zeigen nicht „Interbol“, sie zeigen vielmehr den Satelliten „Prognos 10-Interkosmos“. Wir bitten die Fehlleistung entschuldigen zu wollen.

Verkaufe Spiegel für Newton-Teleskop 200/1400, neu aluminisiert für 800 M. — Thomas Kreubel, Okenstr. 26, Jena, 6900.

**Typenblätter von Raumflugkörpern.** Der AK Raumfahrt gibt im Rahmen seiner Mitteilungen Typenblätter von Raumflugkörpern heraus. Sie bestehen aus einer Graphikseite sowie drei Textseiten im A 4-Format. Z. Z. liegen die Blätter für Spot und Viking (Schweden) vor. Es besteht die Möglichkeit, die Typenblätter gegen Nachnahme (pro Typenblatt 1,05 M zuzüglich Porto) zu beziehen bei: Peter Schröpfer, R.-Breitscheid-Str. 11, ZWönitz 9417. Die Auslieferung erfolgt in der Reihenfolge der Bestellung.

**Suche T- oder TM-Montierung.** — Zuschriften an Steffen Warneke, Pirnaer Str. 24, Heidenau, 8312

**Suche von PACNER, K., Kosmonauti 20. stoleti und CODR, M., Na kosmických krizovatkách.** — Angebote an: A. Scholz, Pestalozzistr. 37, Meuselwitz, 7404.

**Suche parallakt. Montierung T o. ä. dieser Größenordnung (mit Preisangabe).** — K. Rabsilber, Töpfergasse 6, Bürgel, 6522.

**Suche Kal. f. Sternfreunde 1950, 54—57, 61—68 sowie Die Sterne Jahrg. 28 (1952), 31 (1955), 40 (1964), 47 (1971).** Verkauft Kal. f. Sternfr. 1976, 1977. — D. Krause, Lelitzer Str. 82, Köthen, 4370.

**Suche alle bisherigen MM-Mitteilungen des AK Meteore.** — Roland Winkler, Im Lumsch 21, Markkleeberg 1, 7113.

**Verkaufe Telementor 2, Grundausstattung, kompl. m. Stat. (1350 M); Motorantrieb f. parall. Mont.-Zeiss (850 M); Barlow-Linse 1,3x (140 M); SFO 63 i. Beh. (77 M); NG-Filteratz (90 M); Sucher f. Telementor (570 M) fünfmal Okulare (250 M); Okulare: H-40 (75 M), 0-10 (55 M), 0-6 (65 M), alles neuwertig. Suche Mond- u. Planetenkamera (Anschluß M 42), 0-4-Okular, Weitwinkelokular f = 31 mm/70° M 44 x 1, Wechselvorrichtung m. Ringschwalbe, Rohrmont. 110/750 und Rohrmont. 100/1000. — H. Schaarschmidt, Grimmengasse 6, Hüttenrode, 3721.**

## Vorschau auf Heft 1/1988

Neues vom Neptun-„Ring“ • Auswertung der VEGA-Bilder vom Halley • Zum Begriffe der „Wiederverwendbarkeit“ • Berechnung der scheinbaren Sonnenbewegung nach Ptolemäus • Elektronische Nachführung mit ... Photodiode • Sonnensichel über Alma Ata • Mondfinsternis-Beobachtungen von 1986 X 17 ausgewertet • Jupiter 1986/87

## Unsere Autoren:

Wolfgang R. Dick, ZIAP d. AdW, R.-Luxemburg-Str. 17a, Potsdam, 1591  
Dr. Jürgen Hamel, Alt-Treptow 1, Berlin, 1193  
Andreas Dill, Wilhelmstr. 15, Apolda, 5320  
Prof. Dr. Hans-Peter Bähr, Otto-Hahn-Str. 10, D-7513 Stutensee-Friedrichstal  
Dr. sc. G. Entzian, Dr. G. Schmitz, AdW, Heinz-Hertz-Inst., Obs. f. Atmosphärenforschung, Mitschurinstr., Kühlungsborn, 2565  
Karl-Heinz Bücke, Florian-Geyer-Str. 40/004, Dresden, 8019  
Herbert Scholze, W.-Weitling-Str. 29/10—36, Dresden, 8046  
Rudolf Lösel, Böcklinstraße 5, Erfurt, 5085  
Karsten Kirsch, O.-Schwarz-Str. 27, Jena-Winzerla, 6908



# Raumfahrtstatistik 1986 (III)

## Ergänzungen zur Raumfahrtstatistik 1984

(siehe AuR 23 (1985) 3 u. 4)

Durch Zerfall erhöhte sich die Anzahl der Teile  
Ozora = 4 Teile  
Kosmos-1001 = 29 Teile

## Bilanz 1985 (Stichtag: 1. 12. 86)

| Raumflugkörper |                    | Teile  |
|----------------|--------------------|--------|
| Gesamt         | Noch in Umlaufbahn | Gesamt |
| 164            | 110                | 467    |

Die meisten in einer Umlaufbahn befindlichen Raumflugkörper sind noch aktiv.

## Ergänzungen zur Raumfahrtstatistik 1985 (II)

(siehe AuR 25 (1987) 1):

Durch Zerfall erhöhte sich die Anzahl der Teile  
Kosmos-1002 = 20 Teile

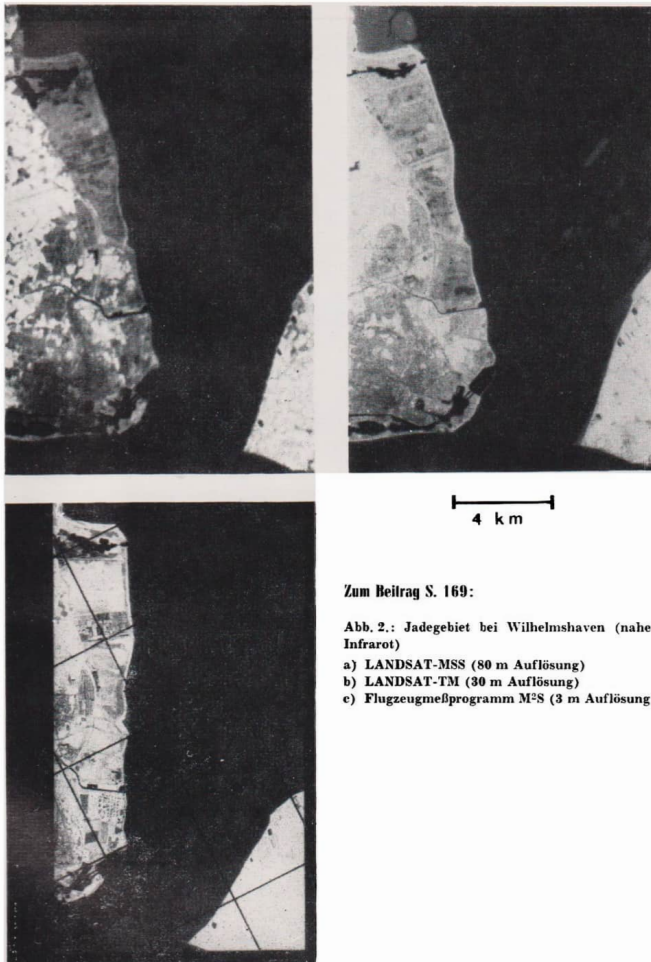
## Bilanz 1986 (Stichtag: 1. 6. 87)

| Raumflugkörper |                    | Teile  | Fehlstarts/<br>Raumflugkörper |
|----------------|--------------------|--------|-------------------------------|
| Gesamt         | Noch in Umlaufbahn | Gesamt |                               |
| 187            | 96                 | 574    | 4/6                           |

Die meisten in einer Umlaufbahn befindlichen Raumflugkörper sind noch aktiv. Die Zahl der Teile kann sich durch Zerfall weiter erhöhen.

## BERNHARD PRIESEMUTH

|                        |       |            |           |   |            |       |       |         |       |              |
|------------------------|-------|------------|-----------|---|------------|-------|-------|---------|-------|--------------|
| Kosmos-1790            | UdSSR | 4. 11. 86  | 1986-85A  | 0 | +          | 207   | 315   | 98,4    | 72,9  | 18. 11. 86   |
| Kosmos-1791            | UdSSR | 13. 11. 86 | 1986-86A  | 1 | +          | 972   | 1026  | 105     | 83    | 1200 Jahre   |
| Kosmos-1792            | UdSSR | 13. 11. 86 | 1986-87A  | 1 | +          | 181   | 357   | 89,6    | 84,9  | 5. 1. 87     |
| Polar BEAR             | USA   | 14. 11. 86 | 1986-88A  | 1 | 14. 11. 86 | 963   | 1019  | 104,99  | 89,55 | 1200 Jahre   |
| Molnija 1 (Nr. 09)     | UdSSR | 15. 11. 86 | 1986-89A  | 3 | +          | 469   | 40817 | 736     | 62,5  | 100 Jahre    |
| Horizont-13            | UdSSR | 18. 11. 86 | 1986-90A  | 3 | +          | 35824 | 35824 | 1437    | 1,4   | Milit. Jahre |
| Kosmos-1793            | UdSSR | 20. 11. 86 | 1986-91A  | 3 | +          | 1111  | 39823 | 709     | 63    | 100 Jahre    |
| Kosmos-1794            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92A  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1795            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92B  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1796            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92C  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1797            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92D  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1798            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92E  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1799            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92F  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1800            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92G  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1801            | UdSSR | 21. 11. 86 | 1986-92H  | 1 | +          | 1846  | 1504  | 115     | 74    | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1802            | UdSSR | 24. 11. 86 | 1986-93A  | 1 | +          | 985   | 1038  | 105     | 83    | 1200 Jahre   |
| Kosmos-1803            | UdSSR | 2. 12. 86  | 1986-94A  | 1 | +          | 1502  | 1527  | 116     | 82,6  | 10000 Jahre  |
| Kosmos-1804            | UdSSR | 4. 12. 86  | 1986-95A  | 6 | +          | 120   | 448   | 90,8    | 70    | 18. 12. 86   |
| Fleetsatcom-7 (USA-20) | USA   | 5. 12. 86  | 1986-96A  | 1 | 16. 12. 86 | 35551 | 36023 | 1436,02 | 5,23  | Milit. Jahre |
| Kosmos-1805            | UdSSR | 10. 12. 86 | 1986-97A  | 3 | +          | 649   | 975   | 97,8    | 82,5  | 60 Jahre     |
| Kosmos-1806            | UdSSR | 12. 12. 86 | 1986-98A  | 3 | +          | 612   | 39307 | 708     | 63    | 100 Jahre    |
| Kosmos-1807            | UdSSR | 16. 12. 86 | 1986-99A  | 1 | +          | 177   | 370   | 89,6    | 67    | 23. 7. 87    |
| Kosmos-1808            | UdSSR | 17. 12. 86 | 1986-100A | 1 | +          | 995   | 1038  | 105     | 83    | 1200 Jahre   |
| Kosmos-1809            | UdSSR | 18. 12. 86 | 1986-101A | 8 | +          | 980   | 980   | 104,2   | 83    | 1200         |
| Kosmos-1810            | UdSSR | 20. 12. 86 | 1986-102A | 1 | +          | 189   | 302   | 89,1    | 65    | 1200         |
| Molnija 1 (Nr. 70)     | UdSSR | 20. 12. 86 | 1986-103A | 3 | 27. 12. 86 | 447   | 39079 | 701,04  | 62,78 | 19 Jahre     |



Zum Beitrag S. 169:

Abb. 2.: Jadegebiet bei Wilhelmshaven (nahes Infrarot)

- a) LANDSAT-MSS (80 m Auflösung)
- b) LANDSAT-TM (30 m Auflösung)
- c) Flugzeugmeßprogramm M<sup>2</sup>S (3 m Auflösung)

