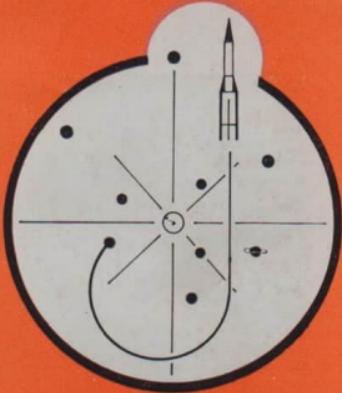


SOELE. A6.

Astronomie UND Raumfahrt



ISSN 0587-565 X

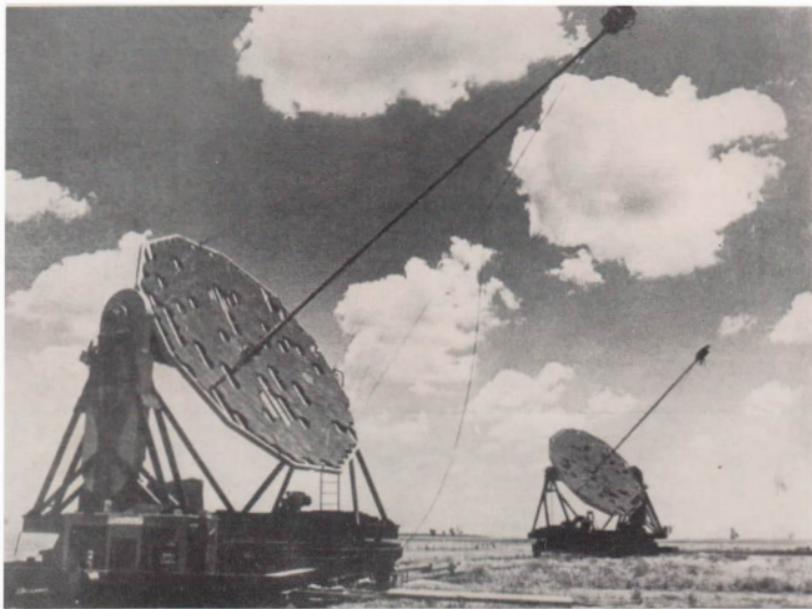
PZV 31052

EVP 1,50

1981 1

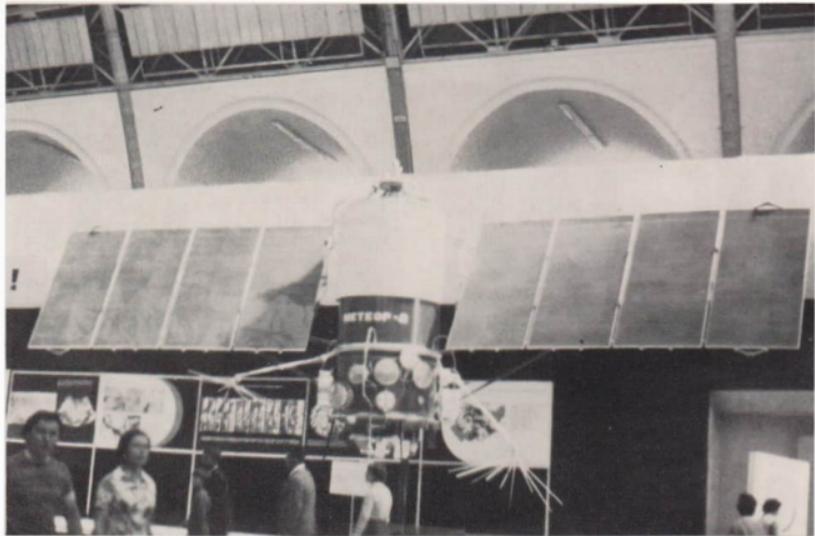


HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Die Reflektoren des Intensitäts-Interferometers in Narrabri (Australien). – Zum Beitrag S. 2.

Meteorologischer Beobachtungssatellit der UdSSR vom Typ Meteor 2. – Zum Beitrag S. 11.



Astronomie und Raumfahrt

Herausgeber:

Kulturbund der DDR. Zentraler Fachausschuß Astronomie

Redaktion:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur); OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen Gieseck; Ing. Achim Grünberg; Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur Hockauf; Karl-Heinz Neumann; Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel; Dipl.-Phys. Manfred Woche; Arnold Zenker; Bernd Zill.

Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Straße der Jugend 8, Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1981 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, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3-4. Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PVZ.

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 bearbeiten.

Der **Nachdruck** der in „Astronomie und Raumfahrt“ veröffentlichten Beiträge ist nur mit Zustimmung der Redaktion gestattet.

Satz und Druck:

IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

INHALT

19. Jahrgang (1981) Heft 1

Manfred Woche: Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessen (I)	2
Hans-Dieter Naumann: Sonnenkraftwerke im Weltraum – Utopie oder reales Zukunftsprojekt der Raumfahrt	7
Karl-Heinz Neumann: Raumfahrtbilanz 1979	11
Erich Litzroth: Saturnring – einmal anders gesehen	15
Alois Zelenka: Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen September/Oktober 1980	19

Amateure beobachten und berichten

Manfred Schröter: Überlegungen zur Gestalt des Saturnmondes Japetus	19
H.-J. Mettig/H.-J. Blasberg: Die Sichtbarkeitsperiode des Jupiter 1979/80	20
H.-J. Mettig: Die Saturnopposition 1980	24
Achim Grünberg: Monsieur Poncelet löste Montierungsproblem für Astroamateure	25
Erich Bartl: Arbeitsgruppe Kometen (I)	27

Kurzberichte

Astronomisches Jugendlager Kirchheim 1980	28
Astronomisches Jugendlager an der Volkssternwarte Drebach	28

Aus der Literatur

Buchbesprechung: Sojus 22 erforscht die Erde	32
--	----

Vorschau

Redaktionsschluß: 20. 11. 1980

Bildseiten

Titelbild: Jupiter mit seinen vier Galileischen Monden. Die Einzelaufnahmen entstanden Anfang März 1979 während der Passagen durch Voyager 1. Das Bild ist eine Montage und gibt nicht die tatsächlichen Größenverhältnisse wieder. Io steht links von Jupiter, Europa in der Bildmitte, Ganymed links und Callisto rechts unten.

3. Umschlag-S.: Komet „Bennett“. Foto des Karl-Schwarzschild-Observatoriums vom 2./3. April 1970, 24 min im UV-Bereich beleuchtet.

4. Umschlag-S.: Jupiters schwaches Ringsystem, etwa 10 km dick und 6,5 km breit, wurde von Voyager 2 im Juli 1979 entdeckt. Solche Aufnahmen, nachträglich montiert, entstanden von der Nachseite des Planeten her mit Orange- und Violettfiltern. Sie geben auch Aufschlüsse über die optischen Eigenschaften der äußeren Schichten der Jupiteratmosphäre. (Fotos: NASA)

Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern

MANFRED WOCHE

Zu den schwierigsten Aufgaben der messenden Astronomie gehört die Bestimmung des Durchmessers der Fixsterne. Wie man weiß, sind diese so weit von uns entfernt, daß sie trotz ihrer enormen Ausdehnung dem Beobachter von der Erde aus punktförmig erscheinen müßten. Daß man dennoch bei Beobachtungen mit einem Fernrohr und bei der Betrachtung von Himmelsaufnahmen die Sterne als mehr oder weniger große Scheibenken erkennt, ist einzig und allein der Richtungsszintillation des Sternlichtes, dessen Beugung an der Teleskopöffnung und der Streuung des Lichtes in der Photoemulsion zuzuschreiben. Infolge der Wirkung dieser drei Faktoren ist das tatsächliche Auflösungsvermögen auch der größten Teleskope nur auf etwa eine Bogensekunde begrenzt. Eine solche Auflösung kann aber schon mit einem kleinen Fernrohr von 100 mm Objektivöffnung erreicht werden. Der Vorzug bei Beobachtungen mit Teleskopen großer Öffnung ist demzufolge nur der größere Lichtgewinn, der bekanntlich mit dem Quadrat des Objektivdurchmessers wächst, so daß eine größere Reichweite erzielt wird.

Für Messungen hoher Winkelauflösung, die das praktisch erreichbare Auflösungsvermögen der Teleskope weit übertreffen, wurden im Laufe vieler Jahre spezielle Techniken entwickelt. Von den Prinzipien dieser Techniken und den damit gewonnenen Ergebnissen soll berichtet werden.

Die Anwendung der Interferometrie

Geschichtlicher Überblick

Die Interferenz des Lichtes auf die Durchmesserbestimmung der Fixsterne anzuwenden wurde erstmalig 1868 von Fizeau vorgeschlagen. Die ersten Versuche zu diesem Zweck mittels Anwendung der Doppelpaltinterferenz wurden 1873 von Stephan durchgeführt. Diese gingen jedoch negativ aus, da die bei den Sternen geforderte Winkelauflösung nicht erreicht werden konnte. Erst die Anwendung dieser Methode durch Michelson auf die Monde des Jupiter (1890/91) brachte brauchbare Ergebnisse, was angesichts ihrer relativ großen Winkeldurchmesser von etwa 1" nicht verwunderlich ist. Mit einer modifizierten Anordnung zur Doppelpaltinterferenz, dem 6-m-Sterninterferometer

auf dem Mount Wilson, gelang Michelson und Pease am 13. Dezember 1920 die erste direkte Messung des Winkeldurchmessers eines Sterns. Sie erhielten für Beteigeuze einen Wert von 0'047. Bis 1923 konnten mit diesem Sterninterferometer, das ein Auflösungsvermögen von 0'02 besaß, die Winkeldurchmesser von sieben Sternen gemessen werden. Pease stellte 1930 ein 15 Meter -Sterninterferometer fertig. Die Versuche mit diesem wurden jedoch nach sieben Jahren eingestellt, da es den ungeheuren mechanischen Anforderungen nicht genügte und deshalb nie erfolgreich sein konnte. Damit war für lange Zeit eine prinzipielle Grenze für ergebnisbundene Beobachtungen hoher Winkelauflösung gegeben. Um 1950 wurde von R. Hanbury-Brown ein völlig neues Prinzip, die Intensitäts-Interferometrie vorgeschlagen. Diese Methode, zuerst nur für Radiowellen anwendbar, konnte für den Einsatz auf Lichtwellenlängen erweitert werden. Hanbury-Brown und Twiss konnten auf diesem Wege im Winter 1955/56 mit einer provisorischen Anordnung den Winkeldurchmesser des Sirius zu 0'0069 bestimmen. Danach wurde der Bau eines großen Interferometers in Narrabri (Australien) festgelegt. Nach der Fertigstellung dieses Intensitäts-Interferometers, das bei einer maximalen Basislänge von 188 Meter eine Winkelauflösung von 5×10^{-4} Bogensekunden erreichte, wurden von 1963 bis 1972 die Durchmesser von 32 Fixsternen bestimmt.

1970 schlug A. Labeyrie eine weitere neue interferometrische Technik vor, die Speckle-Interferometrie. Die Anwendung dieser Methode gestattet es, das theoretische Auflösungsvermögen der Großeleskope zu erreichen. Wegen der Beschränkung der durch die Speckle-Interferometrie erreichbaren praktischen Auflösung durch die Öffnung der jetzigen Großteleskope können damit nur Winkeldurchmesser von Sternen bestimmt werden, die größer als das theoretische Auflösungsvermögen der Teleskope sind. Infolgedessen wird diese interferometrische Methode vornehmlich bei der Untersuchung enger Doppelstern- bzw. Mehrfachsternsysteme angewendet.

Eine in den letzten Jahren immer häufiger angewandte Methode zur Bestimmung von Sterndurchmessern ist die photoelektrische Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond. Diese wurde noch in den fünfziger Jahren wegen der Irregularitäten des Mondrandes stark angezweifelt. Erst die Messungen von Evans und Nather (1968) zeigten, daß diese in der Mehrzahl der Fälle belanglos sind. Inzwischen hat sich diese Methode zu einer relativ leicht realisierbaren Beobachtungstechnik ent-

wickelt, mit der Genauigkeiten bis zu 0'0003 erreicht werden können.

Das Sterninterferometer von Michelson

Das Prinzip eines Sterninterferometers besteht darin, daß das von den Sternen ausgesandte Licht an zwei Spalten einen Gangunterschied $\Delta\lambda$ erfährt, welcher in der Größenordnung der Lichtwellenlänge liegt. Bezeichnet man mit d den Abstand der zwei Spalte des Interferometers und die Winkelabdehnung des Objektes (z. B. den Abstand der Komponenten eines Doppelsterns oder den Durchmesser eines Sterns) mit α , dann gilt nach Abb. 1 folgende Beziehung:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta\lambda}{d} \quad (1)$$

Diese ist in ihrer Grundform für das Michelson-Interferometer und das Intensitäts-Interferometer (s. S. 5) gültig. Um die Notwendigkeit der speziellen Aufbauweise dieser Instrumente und deren Wirkprinzip zu verstehen, machen wir uns zunächst eine Modellvorstellung für das von den Sternen ausgesandte Licht.

Sterne als thermische Strahler sind inkohärent strahlende Lichtquellen. Ihr Licht setzt sich aus einer Vielzahl einzelner Wellenzüge zusammen. Diese werden von den einzelnen Atomen der Sternatmosphäre in statistischer Folge unabhängig voneinander emittiert und können demzufolge nicht miteinander interferieren. Interferenzfähig sind (unter Beibehaltung gewisser Bedingungen) nur die von den gleichen Atomen emittierten Wellen. Wir beschränken uns im folgenden nur auf monochromatisches Licht, so daß sich die zeitliche Abhängigkeit der Amplitude der monochromatischen Wellen durch

$$A(t) = \exp \{i[\omega t + \delta(t)]\}; \omega = 2\pi/T \quad (2)$$

beschreiben läßt. T kennzeichnet die Schwingungsdauer der Lichtwellen und $\delta(t)$ deren Phase. Die Länge der durch $A(t)$ beschriebenen Wellenzüge ist $\tau_k = c\tau_k$ und wird als Kohärenzlänge bezeichnet. Hierbei sind c die Lichtgeschwindigkeit und τ_k die Kohärenzzeit des Lichtes, die der Leuchtzeit eines Atoms bei der Abstrahlung einer monochromatischen Welle entspricht. Für das beste monochromatische Temperaturlicht liegt die Kohärenzzeit bei 10^{-8} s und die Schwingungsdauer T der Lichtwellen beträgt etwa 10^{-15} s.

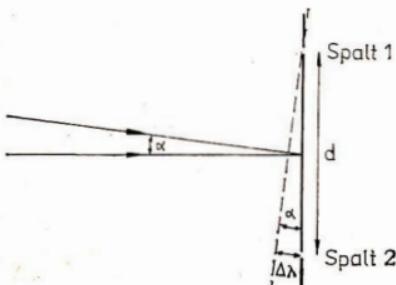
Mittels dieser Modellvorstellung betrachten wir die Wirkungsweise des Michelson-Interferometers. Der besseren Anschaulichkeit wegen nehmen wir dessen Anwendung auf die Messung des Winkelabstandes eines Doppelsterns an, dessen beide Komponenten S_1 und S_2 von der Erde aus gesehen um einen Winkel α getrennt erscheinen. Infolge der großen Entfernung der Sterne von der Erde können die von ihnen ausgesandten Wellen als ebene Wellen betrachtet werden. Verfolgen wir zunächst die vom Stern S_1 abgestrahlten monochromatischen Wellen. Diese kommen mit einem vom Einfallswinkel zur optischen Achse des Teleskopes abhängigen Gangunterschied an den Öffnungen O_1 , O_2 des Interferometers an (Abb. 2). Diese bewirken eine Teilung der durch Gl. (2) beschriebenen monochromatischen Wellenfronten $A(t) = \text{konstant}$ in zwei zueinander kohärente Wellen. Diese werden durch das optische System des Teleskopes im Fokus überlagert und können dort infolge ihrer Kohärenz interferieren. Das gleiche gilt für die vom Stern S_2 ausgesandten Wellen. Die zwei entstandenen Interferenzstreifensysteme können durch verstellbaren Abstand d der Öffnungen O_1 , O_2 überlagert werden, so daß sie mit maximalem bzw. minimalem Kontrast sichtbar werden. Die erste Einstellung von d auf minimalen Kontrast der Interferenzstreifen führt bei bekannter Wellenlänge des Lichtes zum Winkelabstand des Doppelsterns. Dieser läßt sich aus der resultierenden Gesamtintensität für monochromatisches Licht in der Fokalebene berechnen, welche sich aus dem zeitlichen Mittel des Betragsquadrates der Gesamtamplitude ergibt.

$$I = \overline{|A_1(t) + A_2(t + \tau)|^2} \quad \tau: \text{s. Abb. 2} \quad (3)$$

$$I = I_1^* + I_2^* + 2\text{Re}(I_{12}(\tau)) \quad (3.1)$$

$$I = K + K \cdot \cos \omega \tau \cdot \cos(kd \cdot \sin(\alpha/2))$$

Abb. 1: Grundprinzip eines Sterninterferometers.



Der mit K bezeichnete Wert kennzeichnet eine konstante Helligkeit, die als Untergrund immer sichtbar ist. Sie hat ihre Ursache in der inkohärenten Addition der Intensitäten an den Öffnungen O_1 , O_2 . Das zweite Glied in Gl. (3.1.)

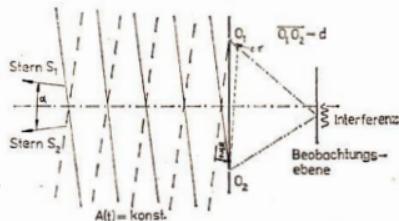


Abb. 2: Schema des Michelson-Interferometers.

wird als Interferenzglied bezeichnet und beinhaltet als Kreuzkorrelation $\Gamma_{12}(\tau)$ die Wechselwirkung der kohärenten Amplituden $A_1(t)$ und $A_2(t + \tau)$. Der Faktor $\cos\omega\tau$ kennzeichnet ein Streifensystem im Fokus des Teleskopes und der Faktor $\cos(kd \cdot \sin(\alpha/2))$ dessen variierende Sichtbarkeit in Abhängigkeit vom Abstand d der Öffnungen O_1, O_2 . Der Winkelabstand α der betrachteten Doppelsterne errechnet sich aus der zur Auslöschung der Interferenzen geforderten Bedingung $kd \cdot \sin(\alpha/2) = \pi/2$ zu

$$\sin\alpha = \lambda/2d \quad (4)$$

Ein Vergleich des nach Rayleigh berechneten theoretischen Auflösungsvermögens mit Gl. (4) zeigt, daß die theoretische Auflösung eines solchen Interferometers um etwa den doppelten Betrag höher liegt als diejenige eines Teleskopes mit der gleichen Öffnung d . Wegen störender atmosphärischer Turbulenzen werden jedoch praktisch nur solche Auflösungen erreicht, die $1/10$ des in Gl. (4) angegebenen Wertes betragen.

Interferometer dieser Art konnten sich zur Untersuchung von Doppelsternen nicht durchsetzen, da sich spektroskopische Methoden dafür als geeigneter erwiesen. Das Prinzip der Doppelpaltinterferenz blieb aber jahrzehntelang der einzige mögliche Weg, Sternendurchmesser direkt zu bestimmen.

Die Bestimmung des Durchmessers eines Sterns erfolgt in analoger Weise wie die interferometrische Bestimmung des Abstandes der Komponenten eines Doppelsterns. Dazu stelle man sich zunächst einen Stern eindimensional als eine Folge aneinandergereihter Punktlichtquellen vor. Diese mögen eine Linienquelle bilden, die parallel zu einer beide Öffnungen des Interferometers verbindenden Geraden ausgerichtet ist. Ein jeder Punkt dieser Linienquelle erzeugt ein Interferenzstreifensystem, und das Auge beobachtet im Fokus des Teleskopes die skalare Summe der Interferenzstreifensysteme aller Punktquellen der gedachten Linienquelle. Die Winkelaustrahlung der ge-

dachten Linienquelle in Längsrichtung ergibt sich auch hier durch Einstellung von d auf minimalen Kontrast der Interferenzstreifen. Infolge der Überlagerung mehrerer Interferenzstreifen berechnet sich diese zu

$$\sin\alpha = 1,22 \lambda/d \quad (5)$$

wobei der Faktor 1,22 infolge der endlichen Ausdehnung der als Scheibchen betrachteten Sterne einzubeziehen ist.

Bei Sternen sind für α Werte von etwa $0^{\circ}01$ zu erwarten. Um solche Winkel noch messen zu können, müssen die Öffnungen vor dem Teleskop einen Abstand von 6 bis 12 Meter haben. Da aber Teleskope solcher Größe nicht existieren, hat Michelson in seinem Versuch das Licht des zu messenden Sternes über ein Spiegel-System (bestehend aus 4 Planspiegeln) feststehender Öffnungen vor dem 2,5-Meter-Spiegelteleskop auf dem Mount Wilson zugeführt (Abb. 3). Mit dieser Anordnung der Spiegel wird der Gangunterschied der an O_1, O_2 ankommenden Lichtwellen um einen Faktor L/d vergrößert, der Abstand d aber beibehalten. Das bedeutet eine Verbesserung der Empfindlichkeit des Interferometers um ebenfalls einen Faktor L/d . Der gleichbleibende Abstand d der Öffnungen hat den Vorteil, daß die Beobachtung der Interferenzen erleichtert wird.

Bei dem Prinzip nach einfachen Methode von Michelson zur Bestimmung von Sternendurchmessern sind aber folgende Bedingungen zu beachten, die zu manigfachen Schwierigkeiten bei der Ausführung der Messungen führen. Erst deren Bewältigung läßt uns die Leistung Michelsons im rechten Licht erscheinen:

1. Während der Zeit der Beobachtung mußten gemäß dem Faktor $\cos\omega\tau$ in Gl. (3) die zwei Lichtwege über das Spiegel-System (s. Abb. 3) auf Bruchteile der Wellenlänge konstant gehalten werden. Dies bedingt extreme Anforderungen an die Mitführgenauigkeit und mechanische Stabilität der Interferometeranordnung und führte letztendlich zum Versagen des 15 m-Interferometers von Pease.

2. Die Differenz der Lichtwege von den Spiegeln M und M' bis zum Fokus des Teleskopes durfte nur Bruchteile der Kohärenzlänge der beobachteten Lichtwellen betragen, damit diese interferieren und kontrastreiche Interferenzen zeigen konnten. Bei Beobachtungen im streng monochromatischen Licht ist die Einhaltung dieser Forderung problemlos, da dessen Kohärenzlänge bei einer Kohärenzzeit von 10^{-8} s drei Meter beträgt. Allerdings war dies schon allein aus Intensitätsgründen nicht möglich, so daß eine spektrale Bandbreite des Lichtes

von 10 nm zugelassen werden mußte. Damit verkleinerte sich die Kohärenzlänge auf etwa $1/30$ mm. Die Einhaltung der Differenz der Lichtwege auf Bruchteile dieser Kohärenzlänge bedeutete auch hier extreme Anforderungen an die mechanische Stabilität.

3. Eine weitere Schwierigkeit bei den Messungen lag in der zeitlichen Abhängigkeit des Kontrastes der zu beobachtenden Interferenzen infolge atmosphärischer Turbulenzen. Diese wirken bekanntlich so, daß die bisher betrachteten Wellenfronten $A(t) = \text{konstant}$ in Wirklichkeit deformiert sind. Um diese Deformationen möglichst klein zu halten, war eine Beschränkung der projizierten Öffnung der Spiegel M und M' auf etwa 10 cm erforderlich. Jedoch waren die Interferenzen auch dann nur kurzzeitig sichtbar. Die begrenzte effektive Öffnung des Michelson-Interferometers bedeutete eine erhebliche Einschränkung der Lichtstärke und gestattete dessen Anwendung nur auf die hellsten Sterne.

Das Intensitäts-Interferometer

Das Intensitäts-Interferometer von Hanbury-Brown und Twiss ist eine Modifizierung des Michelson-Interferometers. Anstelle der durch die Planspiegel M und M' realisierten Öffnungen des Michelson-Interferometers, durch die über Planspiegel und das Teleskopoptik die durch M und M' geteilten Lichtamplituden wieder zusammengeführt werden, verwendet man beim Intensitäts-Interferometer zwei große Reflektoren. Diese sammeln die durch den Abstand d der Reflektoren geteilten Lichtamplituden und konzentrieren diese zur Messung der Lichtintensität auf Photomultiplier. Diese mitteln infolge ihrer hohen zeitlichen Auflösung über die Intensitätsschwankungen der Lichtfrequenzen. Die von den Photomultipliern gelieferten Photoströme sind proportional den gemessenen Lichtintensitäten und werden einem Multiplikator zugeführt. In diesem werden beide Signale

multipliziert und darauffolgend zeitlich gemittelt. Zeitverschiebungen infolge mechanischer Instabilitäten sowie optischer und elektronischer Ungenauigkeiten werden durch ein Verzögerungsglied τ beschrieben. In Abb. 4 ist das Prinzip dieser Anordnung dargestellt. Aus den auf die Reflektoren treffenden Amplituden der Lichtwellen $A_1(t)$ und $A_2(t + \tau)$ werden gemäß Abb. 4 zuerst die Intensitäten gewonnen und diese mittels komplizierter elektronischer Anlagen verarbeitet. Das am Ausgang erhältene Signal läßt sich abweichend vom Michelson-Interferometer folgendermaßen darstellen: „**“ kennzeichnet die konjugiert komplexen Amplituden A .

$$I^2 = \frac{A_1(t) A_1^* (t) A_2^* (t + \tau) A_2(t + \tau)}{I_1(t) I_2(t) + \Gamma_{12}(\tau)^2} \quad (6)$$

Die Kreuzkorrelation $\Gamma_{12}(\tau)$ beschreibt hierbei die Wechselwirkung der Ströme beider Photomultiplier in Abhängigkeit vom Reflektorabstand d , aus der sich Informationen über die flächenhafte Intensitätsverteilung der Lichtquelle (Stern) und folglich über deren Ausdehnung gewinnen lassen. Wie ohne Ableitung mitgeteilt werden soll, ergibt sich nach [1] bei Annahme eines engen Doppelsternes mit dem Winkelabstand α der zwei Komponenten die gemessene Intensität am Ausgang des Intensitäts-Interferometers in Abhängigkeit vom linearen Abstand d beider Reflektoren zu

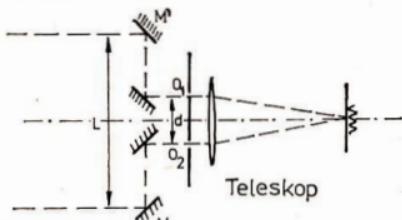
$$I^2 = K_1 + K_2 \cos^2 [kd \cdot \sin(\alpha/2)]; \quad k = 2\pi/\lambda \quad (7)$$

Daraus läßt sich analog zum Michelson-Interferometer der Winkelabstand eines Doppelsterns wiederum bei Variation von d aus dem ersten Minimum für I^2 und damit aus $kd \sin \alpha/2 = \pi/2$ berechnen. K_1 und K_2 sind Konstanten. Man erhält daraus für den Winkelabstand eines Doppelsterns wiederum Gl. (4) und für den Durchmesser einer gleichmäßig hellen Sternscheibe Gl. (5).

Um den Zusammenhang zwischen den Beziehungen (6) und (7) zu verdeutlichen, betrachten wir die über die Auflösungszeit der Photomultiplier gemittelten Lichtintensitäten zweier Sterne bei zwei durch Gl. (7) bestimmten Reflektorabständen.

Nach der auf S. 3 beschriebenen Modellvorstellung für das von den Sternen ausgesandte Licht werden von jedem Stern eine endliche Anzahl von Wellenzügen mit der Kohärenzlänge $c\tau_k$ abgestrahlt, die unregelmäßig auf die Photomultiplier auftreffen. Bei angenommener quasimonochromatischer Strahlung ist die Dauer eines jeden Wellenzuges, also dessen Kohärenzzeit etwa 10^{-8} s, und deren Länge etwa 3 m. Beim gleichzeitigen Auftreffen mehrerer Wellen-

Abb. 3: Vergrößerung der Basislänge beim Michelson-Interferometer.



züge auf die Photomultiplier überlagern sich diese mit ihren voneinander verschiedenen Phasen. Durch Integration der daraus gewonnenen Signale über Zeitintervalle von 10^{-8} s bis 10^{-7} s werden als Mittelwert für das Quadrat des resultierenden Feldes die Intensitäten $I = A \cdot A^*$ erhalten, die wegen des zufälligen Eintreffens der einzelnen Wellenzüge mit unregelmäßigen Schwankungen der Photomultiplierströme überlagert sind. Da sich kohärente Wellenzüge an verschiedenen Orten immer mit gleichen Phasen überlagern, zeigen auch die Intensitäten I_1 und I_2 der von beiden Reflektoren aufgefangenen Felder resultierend gleiche Maxima und Minima.

Nehmen wir jetzt an, daß die zwei Reflektoren den Abstand $d = 0$ voneinander haben. Die von den Sternen ausgesandten Wellenzüge, die gleichzeitig mit Phasendifferenzen zwischen $-\pi$ und $+\pi$ auf die Photomultiplier auftreffen, können bei gleich angenommener Amplitude im Endeffekt resultierende Amplituden von Null bzw. maximale Amplituden bewirken. Für das Produkt der Intensitäten aus beiden Photomultipliern ergibt sich daraus ein endlicher Mittelwert. Eine Vergrößerung des Abstandes der Reflektoren auf $d = \lambda/2\alpha$ bewirkt, daß am ersten Reflektor zwei gleichphasige Wellenzüge zweier Sterne, die sich verstärken, am zweiten eine Phasendifferenz von π haben und sich auslöschen. Jetzt ergibt sich für das Produkt der Intensitäten aus beiden Photomultipliern der Wert $I^2 = 0$. Da jedoch im Mittel auf beide Reflektoren Wellenzüge mit Phasendifferenzen auftreffen, die zwischen den zwei genannten Grenzfällen liegen, ergibt sich als gemitteltes Produkt von I^2 ein endlicher Wert, der für $d = \lambda/2\alpha$ analog zu Gl. (7) einen Minimalwert darstellt. Die bisher beschriebenen idealisierten Annahmen, die zum Verständnis des Prinzips des Intensitäts-Interferometers notwendig waren, konnten bei den Messungen in Narrabri nicht eingehalten werden. Aus Intensitätsgründen konnte nicht mit quasimonochromatischem Licht gearbeitet werden, so daß durch ein Filter eine spektrale Bandbreite von 10 nm zugelassen werden mußte. Dadurch wurde auch hier die Kohärenzlänge wie beim Michelson-Interferometer auf $1/30$ mm festgelegt. Die Kohärenzzeit lag mit 10^{-13} s weit unter der zeitlichen Auflösung der Photomultiplier, die 10^{-8} s betrug. Es stellte sich jedoch heraus, daß auch bei der Integration über das 10^5 -fache der Kohärenzzeit die von den Photomultipliern gemessenen Intensitätsschwankungen noch korreliert sind. Diese Korrelation zeigte sich jedoch in nur 10^{-5} -facher Wirkung der ursprünglich zu erwartenden Werte. Dieser anfangs als Nach-

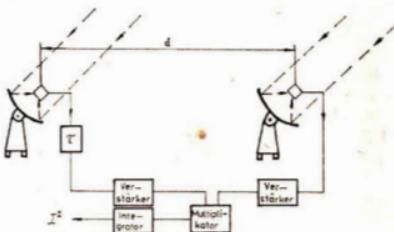


Abb. 4: Schema des Intensitäts-Interferometers.

teil erscheinende Umstand erwies sich jedoch doch für den praktischen Aufbau des Intensitäts-Interferometers in Narrabri von enormer Bedeutung. Es zeigte sich nämlich, daß zum Nachweis der 10^{-5} -fach geringeren Korrelation der Intensitätsschwankungen nur eine Einhaltung der Genauigkeit des Reflektoranabstandes d auf das 10^5 -fache der Kohärenzlänge, und damit nur auf 30 cm erforderlich ist. Da infolge einer einzuhalgenden Toleranz von nur 30 cm auch die atmosphärische Szintillation vernachlässigbar wird, können Reflektoren von 6,5 m Durchmesser verwendet werden. Diese wurden mosaikartig aus 252 hexagonalen Spiegeln zusammengesetzt. Beide Reflektoren wurden auf Wagen montiert, die auf kreisförmig ausgelegten Eisenbahnschienen mit einem Durchmesser von 188 Meter bewegt werden konnten. Position und Orientierung der Reflektoren wurden von einem Computer gesteuert, der in einem Kontrollgebäude untergebracht war. Während der Messungen mußte die Verbindungsleitung der zwei Reflektoren immer senkrecht zur Richtung des zu beobachtenden Sterns eingehalten werden. Die empfangenen Signale setzten sich aus den korrelierten Intensitätsschwankungen und wesentlich größeren statistischen Schwankungen der Photomultiplier zusammen. Diese mußten deshalb durch Meßzeiten bis zu 20 Stunden ausgemittelt werden.

Mit dem Intensitäts-Interferometer in Narrabri war es möglich, Sterne der Spektralklassen 0...F zu vermessen. Die Reichweite dieses Interferometers war auf $+2,5$ Größenklassen begrenzt. Die Genauigkeit der Bestimmung der Winkeldurchmesser von Sternen, die von deren Helligkeit abhängig ist, war bei den 32 gemessenen Sternen mit einem Fehler von $\pm 6,5\%$ behaftet. In den Jahren 1963 bis 1972 konnten außer der Bestimmung von Stern-durchmessern noch eine ganze Reihe weiterer Beobachtungsprogramme durchgeführt werden, die beeindruckend die Leistungsfähigkeit eines solchen Interferometers demonstrierten. Dazu gehörten u. a. die Beobachtung der Rand-

verdunklung von α CMa und die Beobachtung von Effekten bei schneller Rotation von α Aql. Weiter wurden u. a. spektroskopische Doppelsterne zur Bestimmung ihrer Parameter beobachtet, bisher unbekannte Doppelsterne gesucht, der Wolf-Rayet Stern γ^2 Vel ausführlich untersucht. Insgesamt war es mit diesem Intensitäts-Interferometer in Narrabri möglich, etwa 50 Sterne zu untersuchen. Nach Abschluß des Beobachtungsprogramms hatte es seinen Zweck erfüllt und wurde demontiert. Insgesamt gesehen sind die damit gewonnenen Ergebnisse eine echte Bereicherung des Kenntnisstandes in der Sternphysik. Bild 1 zeigt die auf Wagen montierten Reflektoren des Interferometers in Narrabri. (Vgl. 2. Umschlagseite, oben.) Der Vollständigkeit halber sollte nicht unerwähnt bleiben, daß es (historisch gesehen) mit diesem Intensitäts-Interferometer erstmals möglich war, Korrelationen der Intensitäten thermischer Strahlungsquellen praktisch zu messen.

Michelson-Interferometer kontra Intensitäts-Interferometer

Schon vor dem Abschluß der Beobachtungsprogramme wurde zukunftsweisend die Realisierung eines noch größeren Gerätes geprüft. Dieses soll der Erfüllung eines umfangreichen Programmes Rechnung tragen, worin die Messung von Sterndurchmessern, Doppelsternen (speziell spektroskopische Doppelsterne), Cepheiden, Emissionsliniasternen, schnell rotierenden Sternen, die Bestimmung der Randverdunklung, der interstellaren Absorption u. a. enthalten ist. Außerdem sollen mit einem solchen Interferometer Sterne der Spektralklassen 0 bis M erreichbar sein. Aus einer Projektstudie ging ein Intensitäts-Interferometer hervor, das bei einer Grenzhelligkeit von $+7^m$ und einer erreichbaren Meßgenauigkeit von $\pm 2\%$ eine Basislänge von 2 km haben soll. Das Auflösungsvermögen soll $5 \cdot 10^{-5}$ Bogensekunden betragen, was in Mondentfernung etwa 9 cm entspricht. Die praktische Ausführung ist so geplant, daß das Licht der Sterne von 4 Coelostatspiegeln auf 4 parabolische Reflektoren geworfen wird. Von diesen wird es wiederum zur Messung von Intensitäten auf photoelektrische Detektoren fokussiert. Anschließend erfolgt eine Verarbeitung der Signale wie auf S. 3–4 beschrieben. Die Messung des Winkel durchmessers eines Sternes der Helligkeit $+7^m$ würde bei einer Meßgenauigkeit von $\pm 5\%$ eine Beobachtungszeit von 100 Stunden in Anspruch nehmen. Wegen der relativ hohen Baukosten wurde dieses Projekt vorerst aufgegeben und nach einer anderen Möglichkeit gesucht. Diese bot sich durch die rasche Ent-

wicklung der modernen Optik in Form eines modernen Michelson-Interferometers an. Im klassischen Michelson-Interferometer waren die Interferenzen infolge atmosphärischer Turbulenzen nur kurzzeitig sichtbar. Dies soll in der modernen Form des Interferometers dadurch vermieden werden, indem ebene Teile der einfallenden Wellenfront selektiert, parallel zueinander ausgerichtet, und mittels „aktiver“ Optik so überlagert werden, daß die atmosphärischen Turbulenzen eliminiert sind. Zur Zeit wird an einem solchen Interferometer mit einer Basislänge von 11 Metern gearbeitet. Nach theoretischen Berechnungen soll der Aufbau eines modernen Michelson-Interferometers mit einer Basislänge von 200 Metern durchaus im Bereich des Möglichen liegen. Die erreichbare Grenzhelligkeit soll $+10^m$ betragen. Von der experimentellen Realisierung dieses Interferometers ist man allerdings noch weit entfernt. Die Antwort auf die Frage, ob das „moderne“ Michelson-Interferometer eine attraktive Alternative zu einem großen Intensitäts-Interferometer ist, kann deshalb heute noch nicht gegeben werden.

Literatur wird auf Wunsch zugesandt.

Sonnenkraftwerke im Weltraum — Utopie oder reales Zukunftsprojekt der Raumfahrt?

H. D. NAUMANN

Die Deckung des künftigen Energiebedarfs der Menschheit ist eines der Grundprobleme ihrer weiteren Entwicklung. Seine Lösung gewinnt vor allem unter drei Gesichtspunkten Bedeutung:

- Dem ständig steigenden Weltenergieverbrauch, wofür heute eine Verdopplung in jeweils 20 Jahren veranschlagt wird;
- Der rapiden Abnahme der fossilen Energieträger, deren weitere energetische Nutzung wegen ihrer Bedeutung als Rohstoffressourcen zunehmender Kritik bedarf;
- Den sich steigernden Umweltproblemen bei der Nutzung fossiler Energieträger, die mit der Kernenergie zwar eine Problemverlagerung, aber keine generelle Lösung erfahren.

Für die nächsten Jahrzehnte werden die fossilen Energieträger die dominierenden Primärenergienquellen bleiben. Dabei gewinnt die Kernenergie an Bedeutung, und es bestehen heute kaum Zweifel darüber, daß sie sich im nächsten Jahrhundert zum Hauptenergieträger entwickeln wird. Neben Forschungsarbeiten zur weiteren Nutzung der Kernenergie durch Kern-

spaltung sowie zur kontrollierten Beherrschung der Kernfusion gewinnen auch Projekte und Arbeiten zur Nutzung sog. alternativer, unerschöpflicher, d. h. sich ständig regenerierender und umweltfreundlicher Energiequellen an Bedeutung, wobei besonders an die Sonnenenergie, Windenergie, geothermische Energiequellen und den Energieinhalt der Weltmeere gedacht wird. Wenn in einschlägigen, vor allem populären Publikationen, oft vom theoretisch verfügbarem Potential ausgehend, eine perspektivisch allein mögliche Deckung des Weltenergiebedarfs, z. B. durch die Sonnenenergie, abgeleitet wird, so werden damit weder die effektiven Möglichkeiten noch die realen Zielstellungen einschlägiger Forschungs- und Entwicklungsarbeiten interpretiert. Die Bemühungen um die Erschließung alternativer Energiequellen sind vielmehr unter folgenden Aspekten zu sehen:

- Keine dieser Energiequellen vermag allein den künftigen Energiebedarf der Menschheit zu decken, ebensowenig ihr Zusammenwirken.
- Projekte, Forschungen und Experimente verfolgen das Ziel, ergänzende Energiequellen zu untersuchen, zu erschließen und zu nutzen, wo sich natürliche Gegebenheiten dafür eignen und anbieten und bei erwiesener bzw. sich erweisernder Eignung für eine wirtschaftliche Nutzbarkeit geistigen und technologischen Vorlauf für die Energieversorgung in künftigen Jahrzehnten zu schaffen.

In diese Grundzielstellungen einzuordnen sind auch Projekte und Vorschläge zur orbitalen Nutzung der Sonnenenergie für die terrestrische Energieversorgung auf der Basis in Erdumlaufbahnen zu betreibender Sonnenenergielkraftwerke, sog. „Solar Satellite Power Stations“ (SSPS), auch als „Solar Power Satellites“ (SPS) bezeichnet. Projekte dieser Art tauchten in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre in den USA auf (Glaser, 1968). Sie fanden hier in neuerer Zeit, zweifellos auf dem politischen Hintergrund der sog. Erdölkrise, eine teils extrem optimistische Aufwertung (Kraft-Ehricke). Sie gelten bis heute stark umstritten, scheinen jedoch weder in das Reich der Utopie, noch in die Nahziele der technologischen Nutzung des Weltraumes einordenbar. Wie sind sie real zu bewerten?

Definition und Komponenten

Solarenergetische Satelliten-Energiesysteme (SSES) sind Anlagen, die mit Hilfe in Erdumlaufbahnen stationärer Satelliten Energie aus Sonnenenergiekonversion gewinnen, diese in eine drahtlos zur Erde übertragbare Energieform transformieren, zur Erde übertragen und

hier mit Hilfe terrestrischer Anlagen in eine praktisch nutzbare Energieform bringen. Das Gesamtsystem umfaßt ein Raum- und ein Erdsegment, die beide in Bewertungen künftiger Realisierungsmöglichkeiten einzubeziehen sind. Hauptkomponenten des Raumsegments sind das Sonnenenergie-Sammel- bzw. -Auffangsystem, der Wandler und das Übertragungssystem. Hauptkomponenten des Erdsegments sind ein Energieauffang- und ein Energiewandlersystem. Die Komponenten können funktionell separat oder integriert, je nach Wirkprinzip, ausgeführt sein.

Warum extraterrestrische Sonnenenergieanlagen?

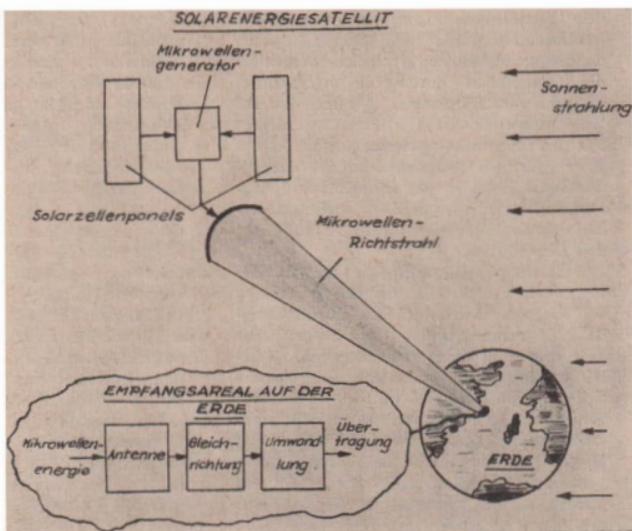
Die nutzbare primäre Sonnenenergie steht in Form elektromagnetischer Wellen im Wellenlängenbereich von etwa $0,2\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$ zur Verfügung. Die spektrale Energieverteilung entspricht etwa der eines schwarzen Körpers von 6000 K . Die extraterrestrische Strahlungsleistung beträgt beim Auftreffen auf die Erdatmosphäre rund $1,4\text{ kW/m}^2$ (Solarkonstante). Diese Leistung ist nur durch extraterrestrische orbitale Solarkraftwerke effektiv nutzbar. Im Gegensatz hierzu steht bei einer terrestrischen Nutzung nur ein Bruchteil hiervom zur Verfügung, was die eigentliche Begründung für die Idee orbitaler Kraftwerke liefert.

Weltweit treffen im Mittel nur etwa 66% der extraterrestrischen Strahlungsleistung auf der Erdoberfläche auf. Ein Teil der Strahlung erreicht die Erdoberfläche ungeschwächt (direkte Sonnenstrahlung), ein Teil der gestreuten Strahlung erreicht die Erdoberfläche als diffuse Strahlung. Die Summe beider bildet die Globalstrahlung. Das Verhältnis beider Komponenten sowie die Globalstrahlung hängen stark ab von der geografischen Lage, der Jahres- und Tageszeit sowie den meteorologischen Bedingungen. Insbesondere der Einfluß letzterer ist nur durch exakte, ortsabhängige meteorologische Messungen bestimmbar, wofür bis heute verfügbare Daten mit der für den hier vorliegenden Anwendungsfall erforderlichen Quantität und Qualität i. a. unzureichend sind, was zu entsprechenden Unsicherheiten bei der Konzipierung terrestrischer Solarenergieanlagen führt und eine weitere Begründung für orbitale Projekte liefert.

Technische Lösungen und Dimensionen

Für die orbitale Nutzung der Sonnenenergie bieten sich fotoelektrische und thermodynamische Prozesse an. Wegen des geringeren Leistungsgewichts erscheinen Solarzellenanlagen günstiger und aussichtsreicher, zumal sie die erzeugte Energieform in einer ohne weitere

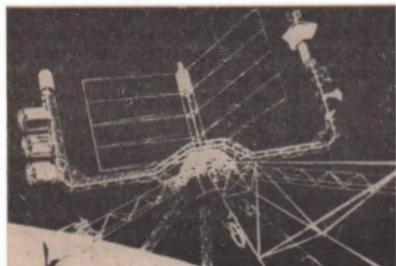
Abb. 1: Schema eines Solarenergiesatelliten-systems.



Umwandlungsprozesse übertragbaren bereitstellen. Die Mehrzahl der bekannt gewordenen Projekte und Studien baut deshalb hierauf auf. Für die Erzielung praktikabler Leistungen ergeben sich für orbitale Sonnenkraftwerke allerdings enorme, von einem bestimmten utopischen Beigeschmack nicht restlos freisprechbare Dimensionen. Publizierte Projekte führen, je nach Annahmen und Ausgangsprämissen, für 1 MW Leistung zu Umlaufmassen zwischen 3 und 10 Tonnen und Wandlerflächen zwischen 7 und 20 km² (da teilweise von erreichten, teilweise von anzustrebenden Wirkungsgraden ausgegangen wird). Hinzu kommt eine Antenne für die Energieübertragung zur Erde, die je

Abb. 2: Modellfoto eines Energiesatellitenprojektes 13,5 GW elektrische Leistung des amerikanischen Boeing-Konzerns.

nach Wellenbereich bis zu 1000 m Durchmesser haben muß. Das in den USA seit langem diskutierte „Sunsat“-Projekt geht als Beispiel von 10000 MW elektrischer Leistung aus. Die beiden Solarzellenkollektoren des Satelliten sollen 188 m² Fläche mit 14 Milliarden einzelnen Zellen aufweisen. Das gesamte Satellitengebilde hat 25 bis 30 km Länge bei 5 km Breite und 100000 Tonnen Gesamtmasse. Die Satellitenendeantenne hat 1000 m Durchmesser und rund 6000 Tonnen Masse. Der Transfer eines solchen Gebildes in die Umlaufbahn würde mit Hilfe heutiger Träger mehr als 1000 Starts erfordern, ebensoviel, wie die bisherigen Raumfahrtprogramme pro Raumfahrtjahrzehnt erforderten! Für die Betriebsdauer werden 30 Jahre veranschlagt. Andere Projektvorschläge auch sowjetischer Wissenschaftler führen zu ähnlichen Dimensionen.



Zu lösende und zu klärende Probleme

Für die Realisierung von Projekten dieser Ausmaße sind heute sowohl technische Probleme gelöst als auch grundsätzliche Fragen (wie Umweltbelastung, ökologische Auswirkungen) unbeantwortet. Hierzu gehören folgende Schwerpunktprobleme:

1. Schaffung eines geeigneten Transportsystems und -verfahrens, das Transportkosten pro kg Nutzmasse von etwa 20 % gegenüber heutigen Trägerraketen erreicht. Die Frage

- der Umweltbelastungen der Atmosphäre (insbesondere durch CO_2 und H_2O) bzw. der Magnetosphäre sowie mögliche Folgen für die Ozonschicht durch die erforderliche Vielzahl von Trägerstarts in relativ kurzen Zeitspannen bedürfen der Untersuchung. Für den interorbitalen Nutzlasttransport von einer erdnahen Ausgangsbahn in die geostationäre Bahn ist der Einsatz von Ionentriebwerken entsprechender Leistungsfähigkeit naheliegend, ebenso für die Stabilisierung und Lageregelung.
2. Entwicklung leistungsfähiger Wandlerelemente hoher Strahlungsresistenz, hohen Wirkungsgrades und mit hinreichenden Langlebensdauerigenschaften (kein wesentlicher Leistungsabfall über wenigstens zwei Jahrzehnte hinweg). Gleich wichtig sind wesentlich verringerte Kosten. Um orbital erzeugte Energie mit heute terrestrisch erzeugter kostennäßig konkurrenzfähig werden zu lassen, sind die durch das Wandlersystem bedingten Entstehungskosten pro kW auf weniger als 5% gegenüber heutigen Kosten mit diesen Prinzipien erzeugter Energie zu senken.
 3. Entwicklung großräumiger, trotz geringer Schwingungsdämpfung stabiler Konstruktionen sowie geeigneter extraterrestrischer Montagetechnologien für die Trägerkonstruktionen, wobei das Verhalten derartiger Gebilde unter Raumbedingungen vorheriger experimenteller Untersuchungen bedarf.
 4. Schaffung der erforderlichen Lösungen für die drahtlose Energieübertragung zur Erde und Klärung der hierdurch möglichen Umweltbelastung und -gefährdung sowohl durch den hohen Flächenbedarf des Empfangsareals als auch die physiologischen Einwirkungen auf die Biosphäre. Die Energieübertragung kann sowohl durch Laserstrahlen als auch Mikrowellen erfolgen. Laserstrahlen erlauben eine engere Strahlbündelung und höhere (daher auch gefährlichere) Energiekonzentration und damit geringere Systemabmessungen für die technischen Übertragungseinrichtungen. Sie unterliegen jedoch einer stärkeren Beeinflussung durch die Atmosphäre. In bisherigen Projekten wird deshalb Mikrowellen der Vorzug gegeben. Terrestrische Experimente hierzu werden in kleinerem Umfang verschiedentlich bereits seit 1963 durchgeführt. Die Grundfragen der drahtlosen Energieübertragung mit Mikrowellen können damit zwar als geklärt betrachtet werden, nicht jedoch die der Anwendung für Hochleistungsübertragungen, speziell für den Fall Weltraum-Erde.

Empfangsarrays auf der Erde für Energieaufnahme und -wandlung haben Grundflächen von 4 bis 5 km^2 je 1000 MW, für ein 10 000 MW-Projekt also rund 50 km^2 . Hinzu kommt ein Sicherheitsareal vom Zwei- bis Dreifachen, so daß sich in diesem Fall ein Gesamtflächenbedarf von 200 km^2 ergibt. Die Errichtung ist nur in unbewohnten Gebieten, wie Wüstenregionen oder auf Meerinseln möglich. Der Schutz der Fauna vor der energiereichen Strahlung erfordert eine Absperrung mit einigen hundert Meter hohen Schutzzvorrichtungen, z. B. Netzen. Durch adaptive Rückkopplungssysteme hoher Zuverlässigkeit muß ein Auswandern des Richtstrahls verhindert werden, um die Biosphäre außerhalb des Sicherheitsareals mit absoluter Sicherheit nicht zu gefährden, da schon ein geringes Versagen katastrophale Folgen haben könnte. Auswirkungen und notwendige Konsequenzen für den Luftverkehr und die Raumfahrt selbst sind heute ebenso ungeklärt wie die Probleme, die sich für die Belegung des geostationären Orbits ergeben.

Damit soll kein umfassender Problemkatalog präsentiert werden. Es sind nur einige Hauptprobleme angesprochen, die das Ausmaß noch zu leistender Forschungsarbeit und den Stand der Beurteilungsmöglichkeit derartiger Projekte aus heutiger Sicht überhaupt erkennen lassen sollen.

Fazit

Die Menschheit steht heute vor der Aufgabe, alle denkbaren Energiressourcen gründlich zu sondieren, um zu allseitig begründeten Konzeptionen zur Deckung des perspektivischen Energiebedarfs zu gelangen und die Nutzung als nutzbar erwiesener Energiequellen langfristig vorzubereiten. In diese Phase sind die Möglichkeiten orbitaler Solarkraftwerke mit einzubeziehen, da ein bereits vorhandenes hohes Know-how der Raumfahrt eine perspektivische Nutzung auch dieser Variante als einer unter anderem nicht mehr generell ausschließt. Eine Vielzahl zu lösender technischer Probleme und zu beantwortender offener Fragen insbesondere zu ökologischen und Umweltproblemen gestatten heute weder eine fundierte und endgültige Prognose der technischen Realisierbarkeit noch eine solche zu Realisierungszeiträumen. Auch die Frage der Notwendigkeit der Verwirklichung orbitaler Sonnenkraftwerke, die wesentlich von der künftigen Entwicklung anderer Energieträger mit beeinflußt wird, ist aus heutiger Sicht nicht eindeutig zu beantworten. Gelegentlich publizierte Prognosen sollten deshalb mit entsprechender Vorsicht und einge-

schränkter Akzeptanz aufgenommen werden, weil hierzu derzeit das wissenschaftlich-technische Fundament einfach fehlt.

Raumfahrtbilanz 1979

KARL-HEINZ NEUMANN

Zusammenfassend betrachtet werden die Raumflugunternehmen der Sowjetunion, der USA und anderer Länder im Jahre 1979. Es wird nur ein allgemeiner Überblick gegeben, ohne daß alle Untersuchungsergebnisse, die Instrumentierung, die Dimensionen und in jedem Fall die Bahnelemente mitgeteilt werden können.

Die Sowjetunion führte im Berichtszeitraum 87 Starts von Raumflugkörpern aus, wobei 102 Satelliten auf eine Flugbahn gelangten. 17 amerikanische Raumflugkörper gelangten bei 16 Starts auf Erdumlaufbahnen. Zwei Satelliten startete Japan, und eine technologische Kapsel der ESA erreichte beim ersten Start der „Ariane“-Rakete eine stark elliptische Umlaufbahn. Zu den von der Sowjetunion gestarteten Satelliten zählt auch der indische Raumflugkörper Bhaskara, die USA starteten den britischen Satelliten Ariel 6.

Bemannte Raumflugunternehmen der UdSSR

Die Raumstation *Salut 6* arbeitete bis zum 26. 2. im automatischen Betrieb. Die tags zuvor mit Sojus 32 (1979-18A) gestarteten Kosmonauten Wladimir Ljachow und Waleri Rjumin koppelten an diesem Tage an und stiegen in die Station um. Mit ihrem 175-Tage-Flug (ihre Landung erfolgte am 19. 8.) stellten sie den Rekord von Kowaljonok und Iwantschenkow (140 Tage) ein. Rund ein halbes Jahr arbeiteten sie in ihrem Labor im Kosmos.

Zur weiteren Nachschubversorgung wurde zunächst das unbemannte Raumschiff Progreß 5 (1979-22A) eingesetzt. Gestartet am 12. 3., mache es am 14. 3. am hinteren Kopplungsstutzen von Salut 6 fest. Wie bei früheren Progress-Transportern befanden sich an Bord Stückgüter, Apparaturen und Anlagen, die in der Station Salut 6 gegen gleichartige, deren „Garantiezeit“ abgelaufen war, ausgetauscht wurden. Ferner brachte der Transporter einige neuartige wissenschaftliche Instrumente, biologische Proben und Materialien für technologische Experimente sowie Lebensmittel, Wasser, Luftvorräte und Dinge des persönlichen Bedarfs. Zur Fracht von Progreß 5 gehörten auch Treibstoffvorräte für die Station. Am 3. 4.

erfolgte die Abkopplung des inzwischen mit „Müll“ beladenen Transporters, der zwei Tage später über dem Pazifik gezielt zum Verglühen gebracht wurde.

Am 10. 4. startete das Raumschiff Sojus 33 (1979-29A) mit dem Kommandanten Nikolai Rukawischnikow und dem ersten bulgarischen Kosmonauten Georgi Iwanow. Am nächsten Tage sollte die Ankopplung am hinteren Kopplungsstutzen von Salut 6 erfolgen. Wegen eines Fehlers im automatischen Annäherungssystem wurde zu viel Treibstoff verbraucht. Sojus 33 näherte sich der Station nur bis auf drei Kilometer. Aus Sicherheitsgründen wurde das Kopplungsmanöver abgebrochen. Beide Kosmonauten landeten am 12. 4. rund 320 km südöstlich von Dsheskasgan im Kasachstan. Am 15. 5. machte das zwei Tage vorher gestartete Transportschiff Progreß 6 (1979-39A) am Heckstutzen von Salut 6 fest. Auch mit ihm wurde weitere feste und flüssige Fracht zur Station gebracht. Am 8. 6. erfolgte die Abkopplung, und am nächsten Tag verglühete es über dem Pazifik.

Am 6. 6. startete das unbemannte Raumschiff Sojus 34 (1979-34A). Die Kopplung erfolgte zwei Tage später am Heckstutzen. Das jetzt unbemannte Raumschiff Sojus 32, welches die Kosmonauten mit „wissenschaftlicher Fracht“ beladen hatten (Proben, Meßwertaufzeichnungen u. a.), wurde am 13. 6. abgekoppelt. Es landete am gleichen Tage im vorgesehenen Gebiet. Am 14. 6. begaben sich die Kosmonauten in das Raumschiff Sojus 34, entfernten sich von der Station, die um 180 Grad gedreht wurde, und koppten dieses Raumschiff am vorderen Stutzen dieser Station wieder an.

Das nächste Versorgungsraumschiff Progreß 7 (1979-59A) startete am 28. 6. und koppte zwei Tage später am hinteren Teil der Station. Nach der Umlade- und Umpumparbeit entfernte sich der Transporter am 18. 7. wieder von der Station und wurde zwei Tage später ebenfalls über dem Pazifik zum Verglühen gebracht. Am 19. 8. kehrten die beiden Kosmonauten mit der Landekapsel von Sojus 34 wieder zur Erde zurück. Trotz der langen Flugzeit paßten sich beide Kosmonauten in relativ kurzer Zeit wieder an die irdische Schwerkraft an.

Die wesentlichsten Arbeiten, die die Kosmonauten in der Raumstation ausführten, betrafen Erdbeobachtungen visueller und fotografischer Art. Erfaßt wurden meteorologische Phänomene, ferner erfolgten ozeanografische, ozeanologische und meeresbiologische Beobachtungen, solche zur Lagerstättenerkundung, glazialogeologische Beobachtungen, geografische und geologische Erkundungen sowie die Beobachtung der Vegetation. Ferner sind zu nennen technologische

Experimente (Kristallzüchtungen, Herstellung von Legierungen und Stoffmischungen u. ä.), biologische Experimente, medizinische Untersuchungen und astronomische Beobachtungen. Bei letzteren ist vor allem der Einsatz des Radioteleskops KRT-10 (10 m Durchmesser) bedeutsam. Es war mit Progreß 7 zur Station gebracht worden. Nach dessen Abkopplung war es entfaltet und zur Beobachtung ausgewählter Radiostrahlungsquellen genutzt worden. Es erfolgten dabei Parallelbeobachtungen mit dem auf der Krim befindlichen 70-m-Radio-Teleskop. Die Basisentfernung bei Entfernungsbestimmungen kosmischer Radiostrahlungsquellen konnte dabei maximal die Länge von einem Erdurchmesser erreichen. Das Teleskop wurde ferner zur Radiokartografierung der Erdoberfläche und der Weltmeere eingesetzt.

Nach Abschluß der Arbeiten wurde die Teleskopantenne abgetrennt. Sie verfügte sich dabei in äußeren Konstruktionselementen. Die beiden Kosmonauten stiegen deshalb aus und entfernten die Parabolantenne. Dabei bargen sie außen angebrachte Geräte zum Auffangen von Mikrometeoriten sowie Muster von Materialien, die lange Zeit den Bedingungen des Weltraums ausgesetzt waren.

Am 16. 12. startete das unbemannte Raumschiff Sojus T-1 (1979-103A). In seinem Äußeren glich es den bemannten Transportraumschiffen der Sojus-Serie, besaß allerdings wieder Solarzellenflächen zur Energieversorgung. Neuartig sind bei diesem Typ eine Reihe von Bordsystemen, z. B. für die Funkverbindung, die Orientierung, die Flugsteuerung und die Fernsehübertragung. Hervorzuheben ist ein erstmals eingesetzter Bordcomputer, der mit einer Display-Anlage verbunden ist. Bei Sojus T-2 konnte z. B. die Besatzung die Werte der verschiedensten Parameter aller Raumschiffssysteme, der Flugbahn u. ä. direkt ablesen. Die Kopplung von Sojus T-1 erfolgte, durch den Computer gesteuert, am 19. 12. am vorderen Kopplungsstutzen von Salut 6. Erst nach 95 Tagen, am 23. 3. 1980, wurde es von der unbemannten Station Salut 6 abgekoppelt, und seine Rückkehrkapsel landete am 26. 3. 1980 im vorgesehenen Gebiet von Kasachstan.

Wissenschaftliche Forschungssatelliten der Sowjetunion

Die Serie der Kosmos-Satelliten wurde weiter fortgeführt. Es erfolgten 64 Starts, wobei 79 Satelliten ihre Bahn erreichten. Besonderheiten stellten z. B. Kosmos 1128, der speziellen biologischen Untersuchungen diente, sowie Kosmos 1141, der ein Erderkundungssatellit war, dar. Über die komplexe Aufgabenstellung der Kos-

mos-Satelliten wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet (vgl. AuR 2/78, S. 41, 42).

Im Berichtsjahr wurden wiederum zwei *Interkosmos-Satelliten* gestartet. Interkosmos 19 (1979-20A) erreichte am 27. 2. eine Erdumlaufbahn zwischen 502 und 996 km Höhe bei 74 Grad Bahneigung. Es handelt sich um einen Raumflugkörper zur weiteren Erforschung der Ionosphäre und speziell der Funkwellenausbreitung im Plasma der Ionosphäre. Die wissenschaftlichen Apparaturen stammen aus Bulgarien, Ungarn, Polen, der Sowjetunion und der ČSSR. Der zweite Satellit dieser Serie war Interkosmos 20 (1979-96A), gestartet am 1. 11. Er umrundete anfanglich die Erde in einer Bahn zwischen 467 und 523 km Höhe bei 74 Grad Bahneigung. Es handelt sich um einen der größeren Satelliten mit der Bezeichnung AUOS (Automatische Universelle Orbital-Station), den vierten dieser Serie. An Bord befindet sich das System SSPI, ein Gerätkomplex zum Sammeln und Übertragen von Informationen. Letztere entstammen Datensammelplattformen, die an verschiedenen unwirtlichen und schwer zugänglichen Punkten der Erde installiert sind und ihre gespeicherten Meßwerte einmal täglich zum Satelliten funken. Die Informationen können von speziellen Bodenstationen in der UdSSR, der ČSSR, Ungarn, Kuba und der DDR empfangen werden. Weiter gehört zur Ausrüstung ein Mehrkanalspektrometer, welches in ausgewählten Bereichen im sichtbaren und infraroten Teil des Spektrums arbeitet. Gemessen werden die organischen Bestandteile des Meeres, der störende Einfluß der Atmosphäre auf die Multispektralaufnahmen sowie der Anteil des atmosphärischen Wasserdampfes. Die Meßwerte sind vor allem für die Ozeanologen und Umweltforscher nützlich. An der Instrumentierung waren Ungarn, die DDR, Rumänien, die Sowjetunion und die ČSSR beteiligt.

Für Indien startete die Sowjetunion mit einer Kosmos-Trägerrakete am 7. 6. den Satelliten Bhaskara (1979-51A). Der Satellit hat eine Masse von 444 kg und einen Durchmesser von 1,55 m, eine Höhe von 1,19 m und die Form eines Polyhedrons. Er gelangte in eine Bahn zwischen 519 und 541 km bei 50,7° Bahneigung. Hauptaufgabe dieses Raumflugkörpers ist die Erderkundung. Zum Einsatz kamen ein Mikrowellenradiometer sowie eine Bildaufzeichnungsanlage, die Bilder mit einem Auflösungsvermögen von etwa einem Kilometer liefert. Letztgenannte Anlage konnte erst im Frühjahr 1980 wegen eines Betriebsfehlers, den es durch Funkbefehle zu beseitigen gelang, ihre Arbeit aufnehmen.

Sowjetische Satelliten zur praktischen Nutzung

Meteor 1-29 (1979-05A) erreichte am 25. 1. seine Umlaufbahn im Bereich von anfänglich 622 bis 645 km Höhe. Damit besitzt er eine sonnensynchrone Bahn, d. h., er überfliegt die gleichen Gebiete jeden Tag jeweils zur gleichen Tageszeit. An Bord dieses Satelliten ist auch ein in der DDR entwickeltes Infrarotfourierspektrometer installiert, mit dem sich die vertikale Temperaturverteilung der unteren Atmosphäre ermitteln lässt (vgl. AuR 6/78, S. 170–173).

Die meteorologischen Satelliten Meteor 2-04 (1979-21A), gestartet am 1. 3. und Meteor 2-05 (1979-95A), gestartet am 31. 10., umrunden die Erde im 900-km-Höhenbereich.

Stark elliptische Umlaufbahnen erreichten folgende Satelliten vom Typ Molnija 1: 1-43 (1979-31A) am 12. 4.; 1-44 (1979-70A) am 31. 7. und 1-45 (1979-91A) am 20. 10.; vom Typ Molnija 3: 3-11 (1979-04A) am 18. 1. und 3-12 (1979-48A) am 5. 6.

In Synchrongbahnen gelangten fünf sowjetische Nachrichtensatelliten. Es sind dies: Ekran 3 (1979-15A) am 20. 2.; Ekran 4 (1979-87A) am 3. 10.; Raduga 5 (Stationar 5) (1979-35A) am 25. 4.; Gorizont 2 (1979-62A) am 5. 7. und Gorizont 3 (1979-105A) am 28. 12. Letztgenannte zwei Satelliten dienten neben einem weiteren im Jahr 1980 gestarteten vor allem der Übertragung der Fernsehsendungen der Olympiade von Moskau in alle Erdteile.

Wissenschaftliche Satelliten der USA

Der erste wissenschaftliche Satellit des Jahres, der im Auftrag der NASA gestartet wurde, war SAGE (1979-13A), Abkürzung von Stratosphere Aerosol and Gas Experiment. Mit diesem Raumflugkörper, der die Erde im 600-km-Höhenbereich umrundet, wird der Einfluß von Aerosol und Gas vor allem aus Sprühdosen auf die Stratosphäre bzw. speziell auf die Ozonschicht untersucht. NOAA-6 (1979-57A), ein meteorologischer Beobachtungssatellit, erreichte am 27. 6. seine Erdumlaufbahn von rund 800 km Höhe, die etwa über die Pole der Erde führt.

Der dritte astronomische Beobachtungssatellit HEAO-3 (1979-82A) Abkürzung von High Energy Astronomical Satellite, gelangte am 20. 9. auf seine kreisähnliche Bahn im 500-km-Höhenbereich bei 43° Bahnneigung. Untersucht werden mit ihm galaktische und extragalaktische Röntgen- und Gammastrahlungsquellen.

Der am 30. 10. gestartete Satellit Magsat (1979-94A) wird zur Untersuchung des irdischen Magnetfeldes eingesetzt. Zwischen rund 350

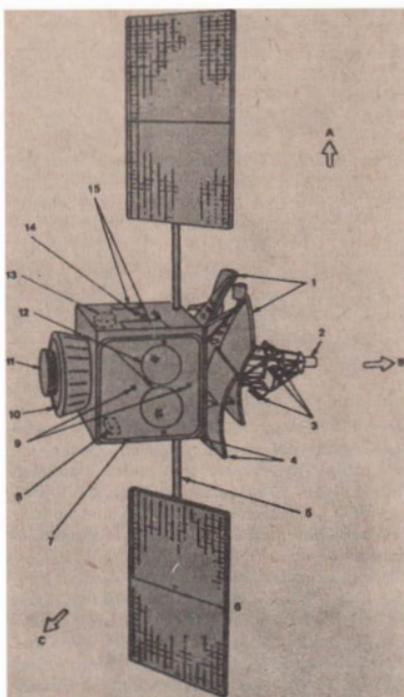


Abb. 1: RCA-Fernmeldesatellit Satcom.

1 – horizontal polarisierte Reflektoren; 2 – Rundstrahlantenne für Verbindungen auf der Übergangsbahn; 3 – Hornstrahler (sechs); 4 – vertikal polarisierte Reflektoren; 5 – Vorrichtung zum Entfallen der Solarzellenträger; 6 – zweiteiliger Sonnenzellenträger; 7 – passiver Nutationsdämpfer; 8 – Wanderfeldröhren (24) und Multiplexausrüstung; 9 – Düsen zur Positionshaltung (Ost-West); 10 – Verbindungsring zur Trägerrakete; 11 – Düse des Apogäumsmotors; 12 – Hydrizinbehälter; 13 – Schwingräder; 14 – Düsen zur Inklinationshaltung; 15 – Temperaturregelflächen; A – Norden; B – Erde; C – Sonne.

und 550 km Höhe umrundet er die Erde auf einer Polorbahn. Seine Meßwerte liefern die Grundlage für die Erarbeitung einer neuen genaueren Magnetfeldkarte der Erde.

Militärische Satelliten der USA

Ein militärischer Satellit mit wissenschaftlicher Aufgabenstellung ist der am 30. 1. gestartete Satellit Scatha (1979-07A). Der Air-Force Satellit gelangte auf eine Umlaufbahn zwischen rund 27800 und 42800 km Höhe bei einer Bahnneigung von 8°. Er bewegt sich also innerhalb der Strahlungsgürtel um unseren Planeten. Bestimmt wird die elektrostatische Aufladung

des Satellitenkörpers durch die elektrisch geladenen Teilchen.

Der am 24. 2. gestartete Satellit Solwind (1979-17A) der im 550-km-Höhenbereich die Erde auf einer Polarbahn umkreist, dient, wie der Name aussagt, der Untersuchung des Sonnenwindes.

Fltsatcom 2 (1979-38A) ist die Bezeichnung des am 4. 5. gestarteten Kommunikationssatelliten der US-Navy und der Air-Force. Er befindet sich in einer Synchronbahn.

Am 6. 6. erreichte die vierte militärische meteorologische Beobachtungssatellit AMS-4 (1979-50A), Abk. von Advanced Meteorological Satellite, seine Bahn im 800-km-Höhenbereich bei 99° Bahnneigung. Er liefert auf Abruf militärischen Dienststellen Tag- und Nacht-Wetterbilder im sichtbaren und infraroten Bereich des Spektrums.

Der Nachrichtenverbindung zwischen verschiedenen militärischen Dienststellen dienen die mit einer Trägerrakete gestarteten Satelliten DSCS 13 (1979-98A) und DSCS 14 (1979-98B) vom 21. 11. In ihrer Synchronbahn sind sie über 135° westlicher und 175° östlicher Länge stationiert.

Für direkte militärische Spionage dienten zwei Satelliten ohne Eigennamen (1979-25A) und (1979-44A). In der Literatur werden sie Anonymus genannt. Sie umrundeten die Erde auf sehr niedrigen Bahnen. Sie haben relativ große Dimensionen, 15 m Länge und 3 m Durchmesser. Zahlreiche Bahnhebungen mit eigenem Antrieb erlaubten eine Einsatzdauer von 4 bis 5 Monaten für diese fotografisch arbeitenden Himmelsspione.

Die am 10. 6. und 1. 10. gestarteten Geheim-satelliten 1979-53A und 1979-86A umkreisen die Erde auf stark elliptischen Bahnen, die denen der Molniya-Satelliten ähnlich sind. Es handelt sich um sogenannte Frühwarnsatelliten, die mit Infrarotsensoren die Starts von Raketen und Raumflugkörpern feststellen sollen.

USA-Starts für andere Länder und Organisationen

Am 2. 6. starteten die USA den britischen Satelliten Ariel 6 (1979-47A), den vorläufig letzten dieser Serie. Dieser, die Erde im 600-km-Höhenbereich umkreisende Satellit, dient vornehmlich der Untersuchung der solaren und kosmischen UV- und Röntgenstrahlung.

Die NASA brachte am 10. 8. den Kommunikationssatelliten Westar 3 (1979-72A) für den Konzern Western Union in eine Synchronbahn. Über ihn sind 7200 Zweiwegtelefonverbindungen oder die Übertragung von 12 Farbfernsehprogrammen möglich.

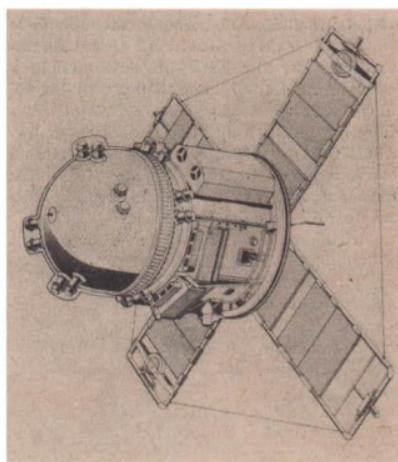
Für die Radio Corporation of America startete die NASA am 9. 12. den Satelliten RCA-Satcom (1979-101A). Er gelangte zunächst in eine stark elliptische Bahn mit einem Apogäum in rund 36000 km Höhe. Beim Zünden des Apogäumstriebwerks zum Erreichen der Synchronbahn fiel die Funkverbindung aus, möglicherweise ist er explodiert.

Satellitenstarts anderer Länder

Der am 6. 2. im Auftrag der japanischen Raumfahrtbehörde NASDA mit einer N-Rakete vom Startgelände Tanegashima gestartete Satellit Ayame 1 (1979-09A) gelangte in eine Synchronbahn. Er trug auch die Bezeichnung ECS 1, Abk. von Experimental Communication Satellite. Nach der Trennung von der letzten Raketenstufe fiel die Funkverbindung aus. Man vermutet, daß er mit ihr zusammenstoßen ist.

Vom Startgelände Uchinoura startete Japan mit einer M-3C Feststoff-Trägerrakete den Satelliten Hakuro (1979-14A). Dieser Raumflugkörper, der auch die Bezeichnung Corsa-B trägt, dient vornehmlich der Untersuchung kosmischer Röntgenstrahlungsquellen. Dabei geht es vor allem darum, ihre Position möglichst genau zu bestimmen. Er umrundet die Erde im 500-km-Höhenbereich bei 29° Bahnneigung. CAT (1979-104A), Abk. von Capsule Ariane Technologique, ist die Bezeichnung der Nutz-

Abb. 2: US-amerikanischer Satellit UK 6 (Arielle 6). Er dient hauptsächlich stellarastronomischen Forschungszwecken (3 Experimente, einschließlich zwei X-ray-Experimente).



masse, die am 24. 12. mit dem ersten Probestart der westeuropäischen Trägerrakete Ariane von Kourou, Französisch Guayana gestartet, ihre Umlaufbahn erreichte. Dieser Testkörper mit 217 kg Masse umrundet, verbunden mit 1380 kg Ballast, die Erde auf einer elliptischen Bahn zwischen 210 und 36000 km Höhe mit einer Bahnneigung von rund 18°. Es war der erste Start einer Ariane-Rakete.

Saturnring — einmal anders gesehen

Betrachtungen zu einem Zeitungsbild

ERICH LITZROTH

Neue astronomische Aufnahmen oder Beobachtungsergebnisse, die häufig zuerst ohne Kommentar in der Tagespresse erscheinen, regen den interessierten Amateurastronomen zu selbständiger Auswertung an. Bei späteren Veröffentlichungen von Fachkommentaren zeigt sich, ob seine Gedanken richtig waren oder welche Konsequenzen er nicht erkannt hat bzw. nicht erkennen konnte.

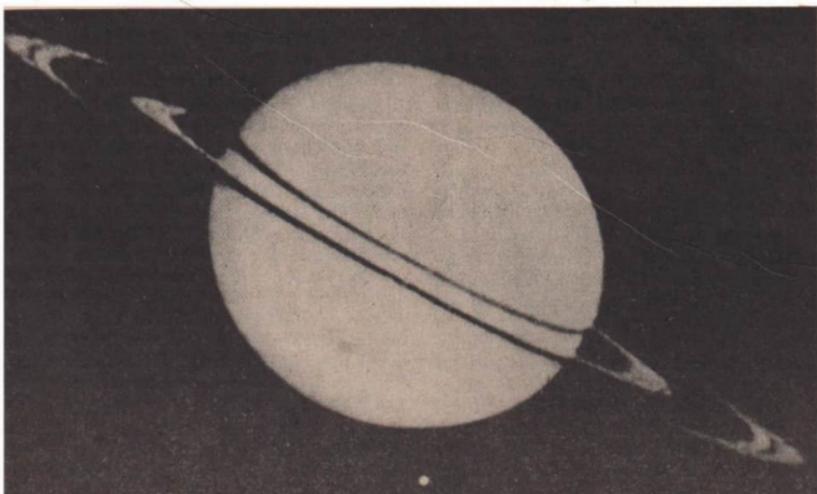
Am 8. 9. 1979 veröffentlichte das „ND“ ein Bild des Saturnringes, das erst in der Woche zuvor von der Pioneer-Sonde beim Vorbeiflug am Saturn aus 2,8 Millionen km Entfernung

aufgenommen und zur Erde gefunkt worden war (Abb. 1). Von vielen Lesern wird auf den ersten Blick die Aufnahme mit dem bekannten Bild des ringgeschmückten Saturn identifiziert werden sein und keinen neuen Informationswert geliefert haben. Im zugehörigen Zeitungskommentar wurde auch auf keine Besonderheit hingewiesen. Bei genauem Hinsehen fällt jedoch auf, daß die Cassini-Lücke zwischen den beiden hellen Ringen viel breiter ist, als man es von den irdischen Fernrohrbildern kennt. Wenn man dazu noch die Lage der zwei Schatten auf der Saturnkugel beachtet, wird klar, daß die Sonne auf die nicht sichtbare Seite des Ringes scheint. *Es ist das erste Bild von der Schattenseite des Ringes!*

Von der Erde aus ist nur die Sonnenseite des Ringes zu sehen, denn das Licht der Schattenseite ist zu schwach, um noch wahrgenommen zu werden. Auch aus dem Satellitenfoto ergibt sich, daß die Helligkeit der Ringteile ziemlich gering sein muß, da die sonst dunkler erscheinende Saturnkugel völlig überbelichtet ist, so daß keinerlei Zonenstreifen auf ihr erscheinen.

Im ND-Bild sind auf der Saturnkugel zwei dunkle Streifen zu sehen. Der schmale Streifen hat keinen Anschluß am Ring und ist dessen Schatten, dagegen findet der breite Streifen

Abb. 1: Saturnring. Aufnahme von Pioneer 11. (Der Stern rechts unter Saturn ist der Mond Rhea.) Foto: AP.



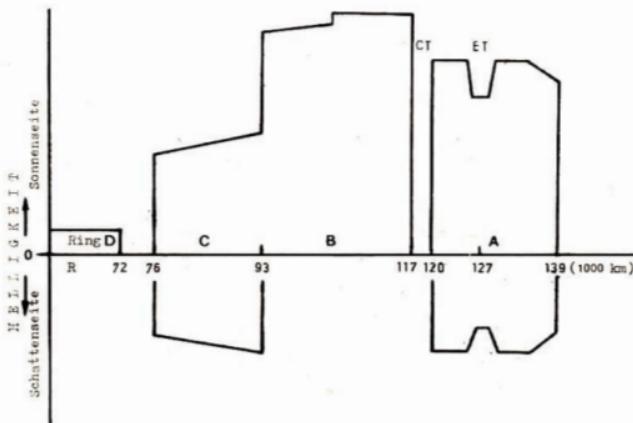


Abb. 2: Helligkeitsverhältnisse beim Blick auf die Sonnen- und Schattenseite des Saturnringes.
CT = Cassini-Teilung
ET = Encke-Teilung

seine Fortsetzung in der gleichbreiten „Lücke“ im Ring. Demnach wird das helle Licht der Saturscheibe durch eine mittlere Ringzone so stark geschwächt, daß diese als breiter dunkler Streifen auf der Scheibe erscheint, wogegen die übrigen, dünneren Ringzonen das durchscheinende Reflexionslicht der Saturnscheibe nur unmerklich schwächen. Welches ist die verdunkelnde Ringzone?

Zum Vergleich der Ringgliederung wurden die Abstände auf dem Zeitungsblatt abgemessen und die Helligkeitsstufung abgeschätzt. Diese Werte, die wegen möglicher Reproduktionsverzerrungen und des groben Zeitungsrasters eine Maßtoleranz von etwa 0,5 mm – entsprechend 2000 km in der Natur – haben können, wurden den bekannten Werten von der Sonnenseite des Ringes gegenübergestellt (Abb. 2). Die Helligkeit der Sonnenseite wurde oberhalb, die der Schattenseite unterhalb der Entfernung-Abszisse angeordnet. Das Diagramm zeigt, daß die breite „Lücke“ im Satellitenfoto dem Hautring (B-Ring) einschließlich der Cassini-Lücke entspricht. Wie ist diese Eigentümlichkeit zu erklären?

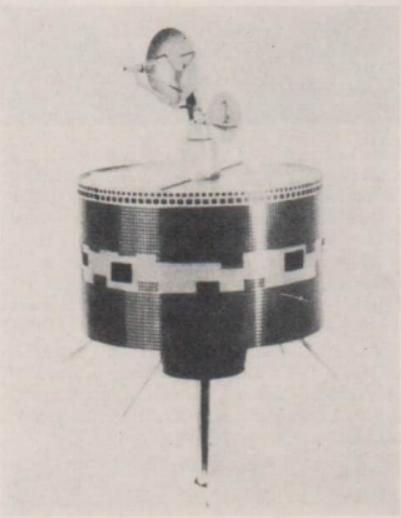
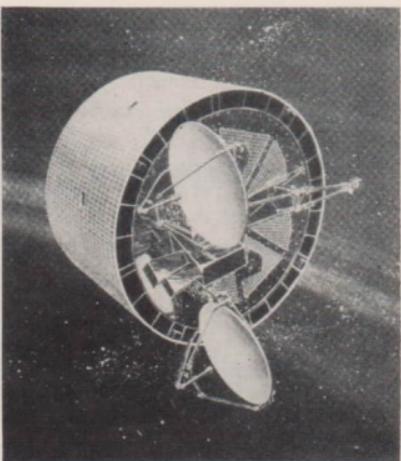
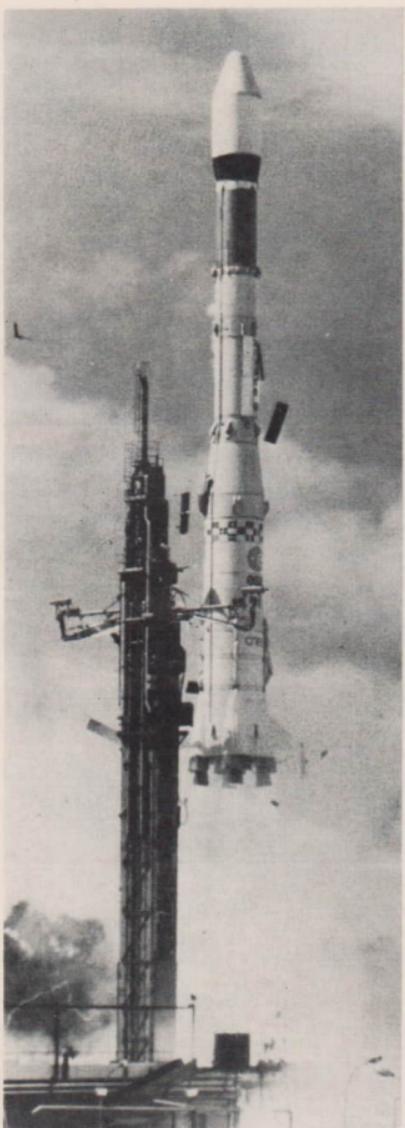
Nach dem Ergebnis der Reflexions- und Radio-Analysen bestehen die Ringe nach verschiedenen neuen Veröffentlichungen (siehe Cambridge-Enzyklopädie) aus sehr hellen, festen Brocken von cm- bis m-Größe. Im Laufe langer Zeiträume müssen evtl. exzentrische Partikelbahnen infolge gegenseitiger dissipativer Störungen zu fast idealen Kreisbahnen geworden sein, was auch an den scharfen Kanten der Ringe (z. B. der Cassini-Teilung) zu sehen ist. Zusammenstöße von Partikeln werden deshalb heute kaum noch stattfinden – und wenn doch, so entstehen

keine merklichen Veränderungen mehr, da die Kollisionsgeschwindigkeiten zu gering sind; zwei Partikel im Abstand von 10 m schweben im Durchschnitt mit 1 mm/s aneinander vorbei.

Die A-, C- und D-Ringe sollen über 50 % lichtdurchlässig sein. Der B-Ring muß dagegen viel dichter besetzt sein; obwohl auch durch ihn hindurch vereinzelt helle Sterne gesehen wurden, also sind zwischen den Partikeln größere Abstände vorhanden. Beim Blick auf die Sonnenseite des Ringes reflektiert ein runderlicher Einzelkörper mehr Licht als beim Blick auf die Schattenseite (Phasendifferenz). Zudem wird die Durchsichtigkeit geringer, je schräger die Ringlage ist. Deshalb muß die Helligkeit auf der Schattenseite allgemein geringer sein, was die Zartheit des Satellitenfotos erklärt.

Berücksichtigt man diese Faktoren, so ergibt sich ein unterschiedlicher Helligkeitseindruck beim Blick auf die Licht- oder die Schattenseite des Ringes, was in Abb. 3 schematisch dargestellt ist. Mit dichterer Partikelbesetzung nimmt der Helligkeitseindruck der Sonnenseite laufend zu (a, b, c), der der Schattenseite aber nur soweit, bis die anwachsende Dichte sowohl das Durchscheinen der Sonne wie auch die Tiefe des Hineinblicks behindert (c). Damit erklärt sich die rätselhafte breite „Lücke“ im Satellitenfoto: Es ist die dichteste Zone des Saturnringes, durch welche schräg auftreffende Sonnenstrahlen kaum mehr hindurchdringen können.

Der Vergleich des Licht- und Schattenbildes läßt noch weitere Schlüssefolgerungen zu. Bei kontinuierlichen Dichteänderungen müßte sich die Helligkeit ebenfalls kontinuierlich ändern, was aber nur in geringem Maße innerhalb des A- und

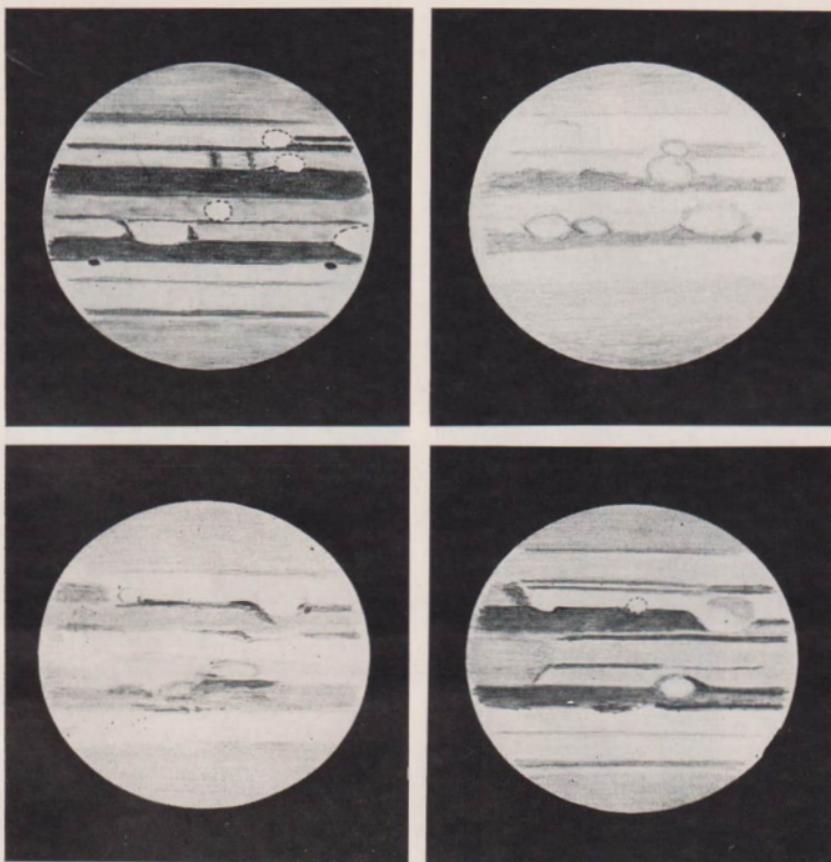


**Zum Beitrag „Raumfahrtbilanz 1979“,
S. 11.**

oben: Ariane-Start am 24. 12. 1979.

oben: Strategischer USA-Fernmeldesatellit DSCS 2.

unten: Japanischer Satellit Ayame 1 bzw. ECS 1.



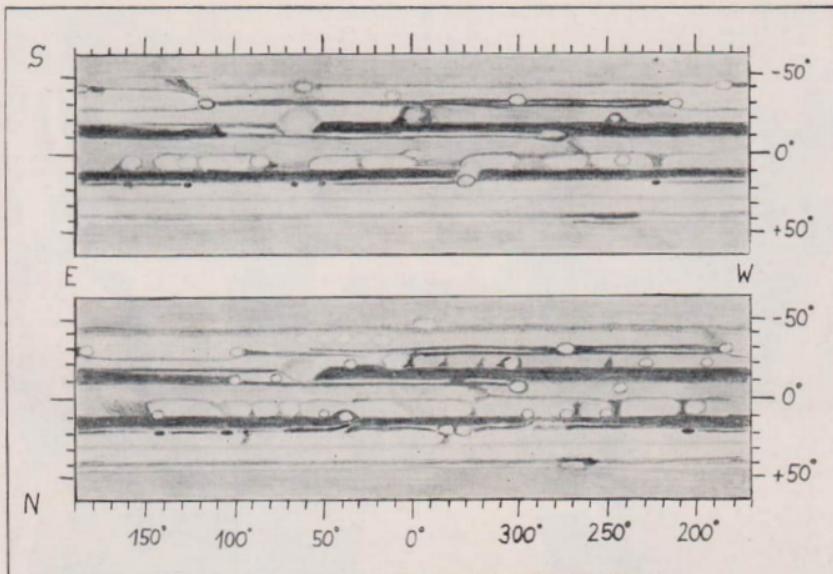
Zum Beitrag S. 20 (Abb. 3):

- a (links oben): Jupiter am 29. 3. 80, beobachtet von H.-J. Mettig am 150/2250 mm-Coudé-Refraktor bei 141facher Vergrößerung. ZM I = 212° ; ZM II = 172°
- b (rechts oben): Jupiter am 29. 3. 80, beobachtet von H.-J. Blasberg am 110/1650 mm-Refraktor bei 184facher Vergrößerung. ZM I = 225° ; ZM II = 185°
- c (links unten): Jupiter am 12. 4. 80, beobachtet von W. Görs am 130/1950 mm-Refraktor bei 150-facher Vergrößerung. ZM I = 186° ; ZM II = 39°
- d (rechts unten): Jupiter am 12. 4. 80, beobachtet von H.-J. Mettig am 150/2250 mm-Coudé-Refraktor bei 141facher Vergrößerung. ZM I = 181° ; ZM II = 34°

Bildseite III, oben: Gesamtkarte des Jupiter

- a) vom 22.–24. 2. 80, zusammengestellt aus 11 Einzelzeichnungen;
- b) vom 12.–14. 4. 80, zusammengestellt aus 11 Einzelzeichnungen.

Gezeichnet im integralen Licht am 150/2250 mm-Coudé-Refraktor der Volkssternwarte Radebeul bei 141facher Vergrößerung.
Beobachter: Hans-Jörg Mettig.



Mein erstes Astrofoto: Milchstraße im Perseus, mit h und ζ . Aufgenommen mit einer Kleinbildkamera. Leitrohr: Telementor 63/840 mm, handnachgeführt, während des astronomischen Jugendlagers an der Volkssternwarte Drebach im Sommer 1980. Foto: Claudia Buntrock, Berlin. (S. Beitrag S. 27!)





Sommer 1980 – Astronomisches Jugendlager des ZFA Astronomie

(oben) in Kirchheim – Keiner wollte auf dem Abschlußfoto fehlen;
(unten) in Drebach – Instruktion in praxi durch den „Meister“.



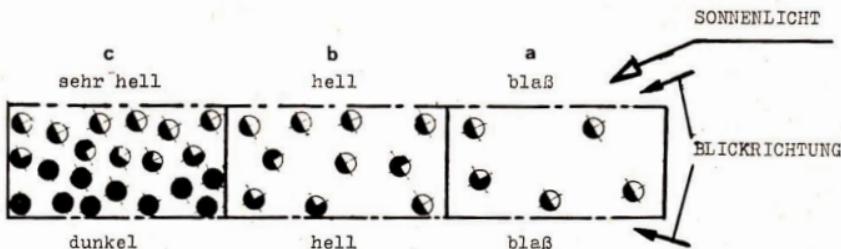


Abb. 3: Gesamteindruck der Helligkeit beim Blick auf die Sonnen- und Schattenseite einer verschiedenen dichten Partikelschicht.

C-Ringes der Fall ist. Die schroffen Helligkeitsunterschiede zeigen, daß zwischen den Hauptringen sprunghafte Dichte- und Substanzzusammenhänge bestehen. Damit wird aber die verbreitete Meinung, die Cassini-, Encke- und andere Teilungen seien Ergebnisse von Umlaufresonanzen der Nachbarmonde, recht unwahrscheinlich, denn dann müßte das aus der markanten Cassini-Lücke abgedrängte Material sich in ungefähr gleichmäßiger Dichte beiderseits der Lücke angehäuft haben und somit die Helligkeit beiderseits der Lücke ungefähr gleich sein, was offensichtlich nicht der Fall ist. Wie das Satellitenfoto eindeutig zeigt, scheidet die Cassini-Teilung zwei völlig verschiedene Zonen voneinander. Zudem sind die entsprechenden Umlaufzeiten in den Teilungsstellen mit denen der Nachbarmonde keineswegs exakt kongruent, wie es die Resonanzbedingung von Poincaré erfordert.

Eine andere Erklärung für die Lücken wird aus dem magnetohydrodynamischen Kosmogonie abgeleitet, die heute die meisten Anhänger hat. Die Cassini-Spalte soll der „heterogene 2/3-Schatten“ des Mondes Mimas und eine lichtschwache Stelle im Ring (nicht die Encke-Spalte) der Schatten von Janus sein. (H. Alfven, The origin of the solar system, 1977.)

Bei der von außen nach innen fortschreitenden Rekombination und Kondensation des den magnetischen Planeten umkreisenden Plasmas müssen Kondensationspartikel auf eine tiefere Bahn sinken, da das ionisierte Plasma nur $\sqrt{2/3}$ der Keplergeschwindigkeit besitzt. Entstehen dort zufällige Zusammenballungen, so fegten diese eine Schneise in die Plasmawolke, so daß dort nach ihrer späteren Kondensation und 2/3-Schrumpfung zum heutigen Ring eine Lücke erhalten geblieben sei.

Wesentliche Fragen bleiben auch in dieser Hypothese ungeklärt: Woher stammte das Plasma, nachdem sich die Solarwolke schon

längst zu Planeten kondensiert hatte; warum werden die in tiefere, heißere Wolkenzonen sinkenden Kondensate nicht wieder ionisiert; warum sollen sie nur *einmal* tiefer fallen, obwohl das langsamere Plasmagas an jeder Stelle eine Bremswirkung auf die Kondensatpartikel ausüben müßte; und wieso konnte die Erde sich bilden, wo doch der 2/3-Schatten des Mars genau in die Erdbahn fällt (desgleichen Jupiter-Planetoiden und Ariel-Miranda)? Zudem zeigen die neu entdeckten Ringe des Uranus und Jupiter keine entsprechenden 2/3-Mondschatte. Verhältnisse. Es gibt also heute noch keine befriedigenden Erklärungsansätze für die Struktur und Entstehung der Ringe.

Die Entdeckung der Ringe des Uranus und Jupiter ermöglicht nunmehr strukturelle Vergleiche zwischen drei verschiedenen Ringsystemen. Der Saturnring besteht aus stark reflektierendem Material ($\text{Albedo} > 0,6$), hauptsächlich aus Wassereis, was durch die Spektralanalyse nachgewiesen wurde. Er gliedert sich in breite Ringzonen und hat nur wenige, schmale Lücken. Der Uranusring besteht dagegen aus ganz gering reflektierendem Material (siehe auch AuR 2/79, S. 60) – wahrscheinlich aus kohlenstoffhaltigem oder -bedecktem Stein – und gliedert sich in mehrere (9), weit voneinander getrennte, schmale Einzelringe. Jupiter hat nach bisherigen Feststellungen nur einen solchen Ring.

Interessant ist nun, daß die Substanz der drei Ringsysteme mit der Substanz ihrer Nachbarmonde übereinstimmt. Der ringnächste Jupitermond Amalthea hat eine sehr dunkle Oberfläche und ist ein Gesteinsatmosphärischer wie auch die folgenden Monde Io und Europa ($\rho > 3 \text{ g/cm}^3$). Erst die weiteren Monde sind Eissatelliten mit kleinem Gesteinskern ($\rho < 2 \text{ g/cm}^3$). An den eishaltigen Saturnring schließen sich von Janus bis Tethys 4 Monde an, die wegen ihrer Albedo ($A \approx 0,6$) und Dichte ($\rho \approx 0,9 \text{ g/cm}^3$) sog. Eissatelliten sind. Den sehr dunklen Ringen des Uranus entsprechen seine 5 Monde, die alle ein sehr geringes Reflexionsvermögen und eine große Dichte ($\rho > 3 \text{ g/cm}^3$) haben müssen.

Eine weitere strukturelle Eigentümlichkeit ist die stufenartige Abnahme der Körpergrößen zum Zentralkörper hin. An die äußeren Riesen-satelliten schließt sich eine Zone von mittleren und kleineren Satelliten an, deren Zahl sich durch die Entdeckung von Kleinstmonden in unmittelbarer Nähe der Planetenringe laufend erhöht (Jupitermond XIV, XV, Saturnmonde XI–XIV, Uranusmond VI). Man kann deshalb annehmen, daß sich diese Tendenz in der block-artigen Querschnittsgliederung des Saturnringes fortsetzt und die Partikelgröße in jeder planetennäheren Zone abnimmt.

Sucht man nach den Ursachen, die von einer ungefähr gleichartigen Ursubstanz der Körper zu den heutigen Unterschieden in der Größe und Substanz (Eis- und Gesteinskörper) geführt haben könnten, so scheidet die Wärmewirkung der Sonne als wesentliche Ursache wegen der gleichen Sonnenentfernung der Monde (z. B. der Jupitermonde) aus; dagegen eine wesentliche Wärmewirkung der Planeten, da diese nie ein stellares Stadium besessen haben können.

Es bleibt nur die Annahme, daß die Eigenwärmung mit der damit verbundenen Entgasung und Chemisierung der wesentlichste Faktor bei der substantiellen Differenzierung gewesen sein kann. Eine Reihe nicht zu übersehender Indizien weist als Ursache auf Gezeitenkräfte hin, deren Stärke von den Massen, ihrem Abstand und der Gezeitenempfindlichkeit der Körper abhängt. Ihre Wirkung erzeugt durch Formänderungsarbeit Wärme (Energiedissipation) und führt schließlich zu einer energieärmsten Resonanz von Rotation und Translation, zur sog. gebundenen Rotation. Markante Beispiele sind die 1:1-Resonanz von Rotation und Umlauf der Monde, die 2:3-Resonanz des Merkur, die erdggebundene Venusrotation, die 1:2:4-Umlaufresonanz von Io-Europa-Ganymed usw. Die Entstehung dieser Resonanzen setzt allerdings viel größere als die heutigen Massen voraus, die durch Entgasung leichtflüchtiger Elemente reduziert wurden.

Nach Konsolidierung der Körper blieb die Gezeitenwirkung noch so erheblich, daß tektonische Veränderungen der Oberfläche auftraten. So zeigt sich von Kallisto bis Io eine zunehmende Zerstörung der Urkruste, bei Europa ein Hauptriß, der die Oberfläche halbiert und beim planetennahen Io sogar noch ein gezeitenbedingter Vulkanismus (vgl. S. Marx, Sonden erforschen Planeten; *Urania* 6/1980, 14ff.).

Die Vorläufer der heutigen Satelliten müßten demnach schnellrotierende, kalte, wasserstoff- und wasserreiche Großkörper gewesen sein, die z. T. schon konglomeratartige Verdichtungen

und Kernzonen besaßen und die innerhalb der früheren Rocheschen Zone zu Ringen zerfielen. Derart entstandene Ringe entsprechen den Strukturen, die sich aus dem Prinzip der regulären Geschwindigkeitsverteilung ergeben würden (Astronomie und Raumfahrt 3/1979, 74–81). Danach läßt sich die Geschwindigkeitsstruktur eines Satellitensystems durch folgendes Rechenschema beschreiben:

$$v = v_0 \pm \frac{d}{2} \pm \frac{d}{4} \pm \cdots \pm \frac{d}{2^s},$$

v_0 = Ursprungsgeschwindigkeit,

Stufe der Halbierung $s = 1, 2, 3, \dots$,

d = Geschwindigkeitsdifferenz der 1. Stufe.

Streubreite der Partikel bei fortschreitender Teilung:

$$\Delta v = \sum_{s=0}^{\infty} d + \frac{d}{2} + \frac{d}{4} + \cdots + \frac{d}{2^s} = 2d.$$

Somit ist entsprechend einer Geschwindigkeits-differenz-Masse-Proportionalität die Streubreite der Partikel eines aufgelösten Eissatelliten viel größer als die eines restlichen Gesteinskerns, und aus der Verteilung und Art der Ringmaterie lassen sich Rückschlüsse über den Aufbau der Urkörper ziehen.

Die schmalen Ringe des Uranus und Jupiter könnten somit zerfallene Gesteinskerne einzelner, zuvor von ihrem ursprünglichen Wassermantel entblößter Kleinmonde sein. Im Saturnsystem muß die dissipative Energiedissipation bis in Planetennähe nur so gering gewesen sein, daß keine Erwärmung bis zur Wasserverdampfung eintrat. Die breiten Zonen des Saturnringes wären demnach Teile aufgelöster Eissatelliten.

In einem noch ursprünglicheren Zustand muß der Saturnring G entstanden sein, der durch den Teilchendetektor von Pioneer 11 entdeckt wurde. Er liegt mit 6,7–8,1 km/s fast genau in dem Geschwindigkeitsbereich, der in der Saturnkaskade mit 7,1 km/s angegeben worden war (ebenda, Abb. 6) und hat genau die Ausdehnung von $\Delta v = 1,4$ km/s, die sich nach der Geschwindigkeitsverteilung theoretisch ergeben müßte. Nach Chiron (1976) ist der Saturnring G (1979) das zweite neu entdeckte Objekt, dessen Lage in den Halbierungskaskaden 1975 vorausgesagt worden war.

Amerkung: Die Gedanken zur Struktur des Saturnringes in obiger Ausarbeitung, die im September 1979 eingereicht wurde, stimmen in den wesentlichen Punkten mit der Auswertung der Originalaufnahmen durch das Forscherteam überein (vgl. „Die Sterne“ 56/1980). Eine Aufhellung in der Cassiniplatte sowie der zarte und sehr schmale F-Ring waren auf dem ND-Bild nicht erkennbar. Die Meinung der Experten, die den Lichtabfall im äußeren Viertel des A-Ringes als Materialanhäufung deuten, steht eigentlich im Widerspruch zu entsprechenden Lichtabschwächungen auf der Sonnenseite (Fall a in Abb. 3).

Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen September/Oktober 1980

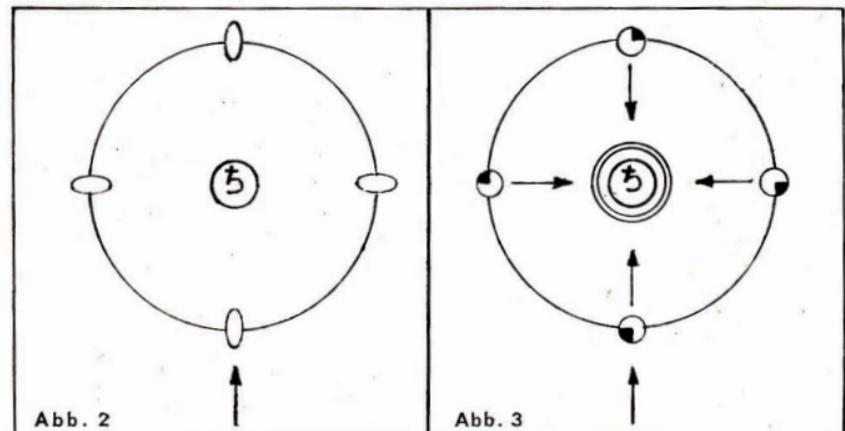
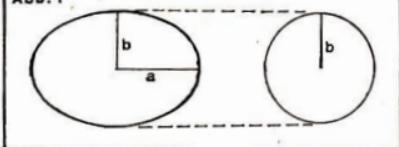
Tag	September	Oktober	Tag	September	Oktober
1	208	151	16	98	187
2	226	135	17	93	173
3	232	139	18	114	150
4	233	121	19	137	137
5	188	96	20	150	167
6	179	116	21	118	155
7	136	135	22	147	164
8	140	181	23	158	140
9	108	186	24	178	127
10	119	235	25	168	123
11	125	260	26	209	119
12	128	234	27	231	134
13	133	197	28	181	136
14	100	232	29	166	173
15	83	209	30	149	170
			31		167
			Mittel	154,5	162,9

A. ZELENKA

Überlegungen zur Gestaltung des Saturnmondes Japetus

Seit langem sind bei diesem Mond periodische Helligkeitsschwankungen bekannt, die von seiner Position zum Saturn abhängig sind. Jape-

Abb. 1



tus ist in seinen westlichen Elongationen mehr als 5 mal so hell, wie in seinen östlichen Elongationen. Prinzipiell sind dafür zwei Ursachen denkbar:

a) Japetus hat eine unregelmäßige Form (etwa näherungsweise ein Ellipsoid). In diesem Fall kann man unter der Voraussetzung, daß alle Gebiete das Licht etwa gleich reflektieren (gleiche durchschnittliche Albedo) näherungsweise berechnen, in welchem Verhältnis die Achsen eines Ellipsoides stehen müssen, damit eine Helligkeitsschwankung von etwa 1:5 zustande kommt. Man erhält, wenn man annimmt, daß mit zunehmender reflektierender Fläche die Helligkeit in geradem Verhältnis zunimmt, ein Achsenverhältnis des Ellipsoides von 1:10. Anders ausgedrückt heißt das,

$$\frac{\text{Helligkeit}_1}{\text{Helligkeit}_2} = \frac{\text{Fläche Ellipse}}{\text{Fläche Kreis}}$$

muß 5 ergeben. Durch Umstellen der Gleichung läßt sich das Achsenverhältnis leicht ermitteln. Ein Körper mit dem ermittelten Verhältnis

erscheint bei den gegenwärtig angenommenen Ausmaßen von Japetus unwahrscheinlich. Selbst wenn ein solcher Körper existierte, so wäre eine Helligkeitsschwankung solchen Ausmaßes nicht denkbar, da sich aus Stabilitätsgründen die längste Achse in Richtung auf den Zentralkörper (Saturn) einstellen müßte und der Himmelskörper eine gebundene Rotation ausführte.

b) Wahrscheinlicher ist es deshalb, daß Japetus kugelförmig ist und eine unterschiedlich verteilte Albedo besitzt. Folgendes Modell würde die Helligkeitsschwankungen erklären: Dabei sind etwa 75 % der Oberfläche mit Eis bedeckt (weiße Fläche) und etwa 25 % haben die Albedo des Erdtrabanten. Man schaut in diesem Fall auf eine völlig mit Eis bedeckte Oberfläche bei der westlichen Elongation und bei der östlichen Elongation präsentiert sich uns eine nur etwa zur Hälfte mit Eis bedeckte Oberfläche. Das widerspricht übrigens nicht dem modernen Erkenntnisstand, wonach spektroskopisch Eis auf Japetus nachgewiesen wurde.

MANFRED SCHRÖTTER

Berichte der Arbeitsgruppe Planeten

Die Sichtbarkeitsperiode des Jupiter 1979/80

In Publikationen über den größten Planeten unseres Sonnensystems findet man Bezeichnungen, die manchen des Objekts unkundigen ihres spezifischen Charakters wegen im Unklaren gelassen haben. Deshalb soll zum besseren Verständnis des nachfolgenden Beobachtungsberichtes ein kurzer Überblick, z. B. über Terminologie und Rotationsverhältnisse, gegeben werden.

Abb. 1 zeigt die Strömungszonen Jupiters beim Anblick im umkehrenden astronomischen Fernrohr nach [1]. Diese Oberflächengliederung stellt aber nur einen speziellen „Normalfall“ dar, denn die großräumige Struktur der Jupiteratmosphäre unterliegt dauernden Veränderungen. Dunkle Bänder spalten sich in Nord- und Südkomponenten (z. B. NEBn und NEBs) oder werden zeitweise völlig unsichtbar. Sonst helle Zonen können dunkle Tönungen annehmen. Selbst die Breitenlage der Bänder und Zonen ist nur schematisch dargestellt, auch hierbei gibt es unkontrollierbare Verschiebungen.

Innerhalb dieser Gebiete treten form- und farbenreiche Objekte unterschiedlichster Lebensdauer auf, die zum Teil einer eigenen Nomenklatur unterstehen. Neben dem populärsten Gebilde auf Jupiter, dem Großen Roten Fleck (GRF), zählen die drei das STB seit 40 Jahren von Süden her einbuchtenden WOS-Objekte (White Oval Spots) BC, DE und FA zu den langlebigsten und am besten beobachteten Erscheinungen. Der Begriff WOS kann aber auch auf Objekte anderer Strömungszonen übertragen werden, sofern es sich wirklich um kleine, kompakte, weiße ovale Flecke handelt. Andere, zeitweise gut sichtbare Erscheinungen sind z. B. [2]:

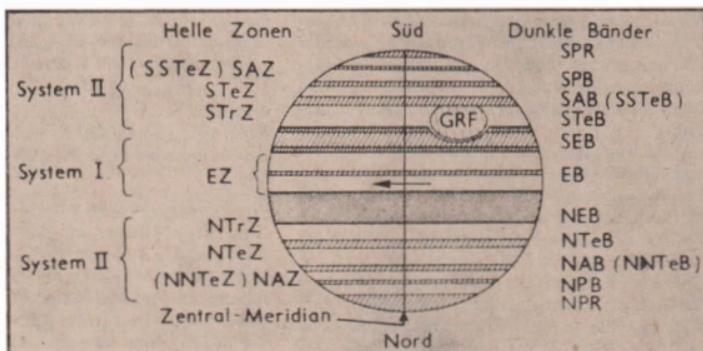
Kerben... Scharfe, halbkreisförmige Buchten am sehnurglatten Rand eines Bandes.

Granatflecken... Ganz kleine, runde, leuchtend rote Flecke, nicht größer als ein Schatten eines Trabanten.

Barren... Deutlich begrenzte Dunkelflecke von ausgeprägter Form in den Bändern, erheblich größer als Granatflecke.

Rifts... Ein bis drei Grad breite weiße Linien, die meist scharf begrenzt und sehr hell ein Band von einer Zone zur anderen durchschneiden, in der Regel unter einem Winkel von fünfundvierzig bis sechzig Grad.

Abb. 1: Zonen und Bänder auf Jupiter (schematisch)



All diese Objekte haben spezifische Rotationszeiten, die vor allem mit der jovigraphischen Breite korreliert sind. Aus einer Vielzahl von Driftgeschwindigkeitsdaten kann man erkennen, daß auf Jupiter zwei Rotationszeitbereiche dominieren. Dem System I, das auf die EZ, an sie angrenzende Bereiche der beiden äquatorialen Hauptbänder sowie eine schnelle Strömung am NTBs abgestimmt ist, steht das langsamere System II für alle anderen Breiten gegenüber. Innerhalb dieser Rotationssysteme gibt es noch sekundäre Strömungen. Auf deren Erkennen kommt es bei der Auswertung amateurmäßiger Beobachtungen besonders an.

Genaue und zahlreiche Positionsmessungen erhält der Amateur am effektivsten durch Zeitnahme von Zentralmeridiandurchgängen der Objekte. Die erhaltenen Zeiten (eine Minute Genauigkeit ist anzustreben!) werden dann mittels der im „Kalender für Sternfreunde“ von P. Ahnert gegebenen täglichen Zentralmeridiane um 1 Uhr MEZ in Positionsdaten umgerechnet. Genauer, allerdings auch zeitaufwendiger, sind mikrometrische Messungen [3].

Beim Analysieren einer Anzahl Positionen eines Objektes reicht meist die Annahme einer linear gleichförmigen Bewegung in jovigraphischer Länge aus. Somit kann die Drift nach einer Regressionsanalyse der zugehörigen Zeit- und Positionsdaten mittels der Gleichung $y = mx + b$ beschrieben werden. Interessiert nur die Driftgeschwindigkeit, sind die Angabe der Winkelgeschwindigkeit gegen das entsprechende Rotationssystem oder der absoluten siderischen Rotationszeit möglich.

Diese Probleme sollen hier nicht behandelt werden. Wer sich mit diesem Gebiet amateurastronomischer Betätigung näher beschäftigen will, wende sich an die Zentrale der Arbeits-

gruppe Planeten, von wo er weitere Informationen (Beobachtungstechniken, Literaturhinweise) erhalten kann.

Die Sichtbarkeitsperiode 1979/80

Obwohl die diesjährigen Beobachtungsbedingungen durch längere Schlechtwetterperioden sowie die Einführung der Sommerzeit ungünstig beeinflußt wurden, reichten zahlreiche Beobachter ihre Ergebnisse zur Auswertung ein:

Blasberg (Dresden)	Mosch (Meißen)
Görs (Jena)	Rausche (Vitzenburg)
Greissner (Friedewald)	Selliger (Dresden)
Mettig (Raagebeul)	Voigt (Coswig b. Dresden)

Diese Sternfreunde lieferten 185 Einzelzeichnungen des Planeten sowie 168 Zentralmeridianpassagen von zahlreichen Objekten mehrerer Strömungszonen. Außerdem konnten zwei Gesamtkarten des Planeten angefertigt werden. Leider bezieht sich der Großteil der Beobachtungen erst auf den Zeitraum nach der Opposition, so daß ein relativ lückenloser Anschluß zur vorigen Sichtbarkeitsperiode nicht möglich ist.

1. Äquatoriale Breiten

1.1. Die EZ und die beiden Hauptbänder NEB und SEB

Das allgemeine Bild der äquatornahen Breiten war im Vergleich zum Vorjahr wenig verändert. Kleine weiße Flecke und größere helle Gebiete konzentrierten sich im Nordteil der ansonst grauen EZ und buchten teilweise das NEB ein. Das in den Vorjahren im EZ-Südteil sichtbare WOS-Objekt war verschwunden, aber ab April 1980 wurden wieder ähnliche Objekte aufgefunden. Für einen der Flecke konnte eine Drift von $(+0.82 \pm 0.05)^\circ/d$ gegen System I errechnet werden. Oft war auch das EB zu sehen.

Die Komponentenbildung des SEB bis in beträchtliche Entfernung vom GRF war wieder sehr ausgeprägt. Nicht so prägnante Verdopplungen traten außerdem in anderen SEB-Regionen auf. Sonst war das Band recht homogen.

Im NEB bildete sich oft eine schmale Nordkomponente. Bernerkenswerte Einzelheiten innerhalb dieses Bandes wurden zwischen 250° und 10° im System II beobachtet. Dort schien stellenweise helles NTrZ-Material in das NEB zu strömen oder es bildeten sich am Nordrand helle Flecken. Für eines dieser Objekte mit einer dunklen Materieverbindung („Brücke“) zum NTB konnte eine Driftgeschwindigkeit von $(-0.64 \pm 0.11)^\circ/d$ ermittelt werden, für ein anderes $(-0.36 \pm 0.15)^\circ/d$.

1.2. Dunkelflecke am Nordrand des NEB

Ähnlich wie 1978/79 traten auch in dieser Periode am NEB-Nordrand mehrere Dunkelflecke auf. Die im Vorjahr gewählte Klassifikation der Objekte als Granatflecke erschien 1980 nicht mehr sicher genug. Beibehalten wurde jedoch deren Kurzbezeichnung GS.

Zwei Dunkelflecke konnten über einen längeren Zeitraum hinweg gut verfolgt werden:

GS-E 19. 02. 80 bis 20. 05. 80 Görs $n = 1$ Mettig $n = 9$
 $\lambda_{11} = 124^\circ 2 - 0^\circ 376$ (J. D. - 2444294)
 $m_1 = 0^\circ 5$
 $m_2 = 0.012^\circ/d$

GS-F 01. 02. 80 bis 13. 04. 80 $n = 7$
 $\lambda_{11} = 222^\circ 9 - 0^\circ 350$ (J. D. - 2444294)
 $m_1 = 0^\circ 5$
 $m_2 = 0.017^\circ/d$

n ist die Anzahl der Positionsmessungen, m_1 der mittlere Fehler der Längenposition zum Oppositionsdatum J. D. 2444294 und m_2 der mittlere Fehler der linearen Geschwindigkeit.

Einige Grad westlich von GS-E befand sich ein weiteres Objekt mit Brücke zum NTB. Seine Bewegungselemente zeigen, daß sich der Abstand zu dem etwa in gleicher jovigraphischer Breite ($+18^\circ$) stehenden GS-E von 12000 km im Februar nach vier Monaten auf 20000 km erhöhte:

17. 03. 80 bis 13. 06. 80 Görs $n = 1$ Mettig $n = 6$
 $\lambda_{11} = 113^\circ 8 - 0^\circ 433$ (J. D. - 2444294)
 $m_1 = 0^\circ 8$
 $m_2 = 0.015^\circ/d$

Außer diesen wurden noch andere Dunkelobjekte beobachtet, die entweder kurzlebig waren oder sich nicht sicher verfolgen ließen. Von einem dieser Flecke wird vermutet, daß er von Ende Februar bis Ende Mai mit $(-0.569 \pm 0.008)^\circ/d$ im System II driftete. Das Objekt wurde jedoch nur sehr lückenhaft auf den Zeichnungen fest-

gehalten. So ist es nicht völlig sicher, daß es sich immer um das gleiche gehandelt hat. (Erste Längenposition am 24. 02.: $67^\circ 5$.)

Wie aus den gegebenen Driftelelementen zu erkennen, ist eine sichere Entscheidung über eventuelle Identitäten von Dunkelobjekten beider Perioden nicht möglich [5].

2. Höhere nördliche Breiten

Zwar etwas besser als im Vorjahr sichtbar, blieb das NTB immer noch sehr kontrastarm. Bemerkten werden konnte eine deutliche Grautönung von NTrZ und NTZ. Einige Zeichnungen von Ende Mai bis Mitte Juni zeigen, daß Teile der NTrZ etwa zwischen 280° und 90° jov. Länge außergewöhnlich dunkel wurden. Ansonsten waren die beiden Zonen nahezu detaillos.

Das NNTB war von der NPR meist durch die schmale, graue NAZ getrennt. Manchmal konnte am Rand der Polarregion ein schwaches NPB bemerkt werden.

3. Höhere südliche Breiten

3.1. Positionsbestimmungen des Großen Roten Flecks

Vom GRF wurden von der Beobachtungsperiode 1979/1980 von folgenden Beobachtern Positionsbestimmungen eingesandt:

Beobachter	Anzahl der Beobachtungen	Position in jov. Länge (Grad)
Blasberg	9	59.5 ± 2.6
Görs	7	56.2 ± 2.1
Greissner	6	60.6 ± 0.9
Mettig	8	62.4 ± 1.3
Mosch	11	59.1 ± 4.6
Rausche	7	60.6 ± 1.1
Selliger	12	60.9 ± 2.9
Voigt	3	57.0 ± 1.0
Gesamt	63	59.5 ± 0.7

Die mittlere Position, gebildet aus 26 Tagesmittelwerten, ergibt $60^\circ 6 \pm 0^\circ 4$.

Der GRF war auch in der abgelaufenen Beobachtungsperiode sehr kontrastlos und daher ein schwieriges Beobachtungsobjekt. Er lag am Rande einer ausgeprägten Bucht des südlichen Äquatorbandes (SEB). Die Positionsbestimmungen von Görs und Voigt beziehen sich scheinbar mehr auf diese Bucht. Eine offensichtliche Änderung der Lage des GRF ist für den Beobachtungszeitraum nicht nachweisbar. Deshalb sind nur die Mittelwerte der Beobachter und der Mittelwert aus allen Beobachtungen gegeben. Die mittlere Position von 60° jov.

Länge stimmt gut mit dem Ergebnis der Beobachter der Wilhelm-Foerster-Sternwarte (Berlin-West) überein.

3.2. Eine auffällige STrZ-Störung

Bei $355^\circ \pm 5^\circ$ (Mitte im System II) trat in der STrZ eine stationäre Störung auf, die oft wirbelartiges Aussehen hatte und vermutlich dunkles Material aus dem NEB beförderte. Dieses Material füllte in Richtung abnehmender Länge mit geringer werdender Intensität bis zum GRF die ganze STrZ aus. Das kurze Bogenstück der Zone zwischen GRF und dem Störungsherd erschien dagegen als eine der hellsten Flächen auf Jupiter. Besonders in den grauen Gebieten wurden am SEB-Rand kleine helle Flecke beobachtet. Diese, das SEB schwach einbuchtenden Objekte, sind wohl die gleiche Erscheinung wie die schon in [4] und [5] beschriebenen Kerben, nur daß sie in dunkler Umgebung besser sichtbar wurden. Sie schienen zum Teil längerlebig zu sein und rückläufig zu driften.

3.3. Die drei WOS-Objekte im STB

In der seit 1977 beobachteten Lücke zwischen WOS-FA und -BC bildete sich ein schmales Band heraus, das eine etwas geringere südliche Breite als das übrige STB hatte. Verdopplungserscheinungen wurden hinter WOS-BC etwa bis zu dem wieder sehr deutlichen WOS-DE wahrgenommen.

Es folgen die errechneten Bewegungselemente der drei WOS.

WOS-BC 20.02. 80 bis 16.05. 80 Blasberg $n = 6$ Mettig

$$\begin{aligned} n &= 4 \\ \lambda_{11} &= 208^\circ 9' - 0^\circ 542' (J. D. - 2444294) \\ m_1 &= 0^\circ 7' \\ m_2 &= 0.018'/d \end{aligned}$$

WOS-DE 23. 02. 80 bis 31. 05. 80 Blasberg $n = 5$

$$\begin{aligned} G\ddot{o}rs n &= 1 \quad \text{Mettig } n = 4 \\ \lambda_{11} &= 209^\circ 4' - 0^\circ 471' (J. D. - 2444294) \\ m_1 &= 0^\circ 8' \\ m_2 &= 0.017'/d \end{aligned}$$

WOS-FA 19. 02. 80 bis 21. 03. 80 $n = 4$

$$\begin{aligned} \lambda_{11} &= 117^\circ 5' - 0^\circ 548' (J. D. - 2444294) \\ m_1 &= 1^\circ 3' \\ m_2 &= 0.061'/d \end{aligned}$$

3.4. Gebiete südlich des STB

Die STZ war heller als die durch dunkles Material gestörte STrZ. Meist gut zu sehen war das SSTB und dabei oft mit der SPR verbunden. Nennenswertes Detail wurde nicht bemerkt, von einigen schwachen hellen Flecken und Verdunklungen in STZ und SSTB abgesehen.

*

Abschließend sollen noch einige Jupiterzeichnungen aus dem Jahr 1980 von Mitgliedern unserer Arbeitsgruppe wiedergegeben werden.

Die Abb. 3a und b wurden etwa gleichzeitig von zwei unabhängigen Beobachtern angefertigt, das gleiche gilt auch für die Abb. 3c und d (s. Bildseite II).

Auf dem ersten Bildpaar ist das WOS-BC unmittelbar neben einem der in 3.2. genannten hellen STrZ-Flecke zu sehen. Die Dunkelflecke am NEB-Nordrand in Abb. 3a sind GS-E (links) und GS-F (rechts). Der Schatten des Mondes III (Ganymed) ist in Abb. 3b festgehalten.

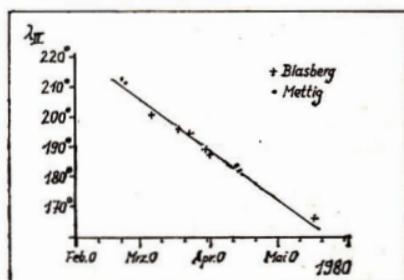
Am linken Bildrand der Abb. 3c und d befindet sich der dunkle STrZ-Störungsherd. Im rechten Teil der Zone sieht man – von den Beobachtern zeichnerisch verschieden interpretiert – den Großen Roten Fleck.

Die zwei Gesamtkarten der 1979/80er Beobachtungssaison sind auf Bildseite III dargestellt. Im Gegensatz zu den Coudé-Zeichnungen der Abb. 3 wurde dort auf eine nachträgliche Seitenrichtige Bildorientierung verzichtet.

Literatur: [1] Roth, G. D.: Handbuch für Sternfreunde, Springer Verlag, Berlin 1967. – [2] Mádlov, E. in: Himmelszeit 55, Heft 7–8, 1948. – [3] Kowalec, Ch.: Hilfsmittel zur Positionsbestimmung auf Riesenplaneten, Die Sterne, Leipzig, 49. Jahrgang 1973, Heft 4. – [4] Mettig, H.-J.: Die beiden Sichtbarkeitsperioden des Jupiter 1976/77 und 1977/78, Astronomie und Raumfahrt 1/1979. – [5] Mettig, H.-J.: Die Sichtbarkeitsperiode des Jupiter 1978/79, Astronomie und Raumfahrt 1/1980.

HANS-JÖRG METTIG
HANS-JOACHIM BLASBERG

Abb. 2: Drift des WOS-Objektes BC im Rotationsystem II des Jupiter.



Die Saturnopposition 1980

Die Durchgänge unseres Planeten durch die Ringebene des Saturn 1979/80 zählten wohl zu den spektakulärsten astronomischen Ereignissen der letzten Jahre. Für viele Sternfreunde war dies ein Anlaß, sich bei ihren Beobachtungen verstärkt dem Riesenplaneten zuzuwenden. Im Herbst 1980 lagen der Zentrale Berichte von H.-J. Blasberg, W. Büttner, S. Seliger (Dresden), W. Görs (Jena), K.-D. Kalauach (Annahütte), G. Rausche (Vitzenburg) und H.-J. Mettig (Radebeul) vor, die den Zeitraum von Februar bis Juli des Jahres überdecken.

Am 27. Oktober 1979 schnitt die Erde die *Saturnringebene* in nördlicher Richtung und trat am 12. März 1980 wieder auf die Südseite über. Schließlich pendelte sie am 23. Juli für einen Beobachter im Saturnmittelpunkt wieder in nördliche Deklinationen. Während die Sonne zunächst die Südseite des Ringsystems beschien, passierte sie seine Ebene am 3. März 1980 und läßt nun bis zum 19. November 1995 die Nordfläche hell erstrahlen. Somit war die beleuchtete Ringseite vom 27. Oktober bis zum 3. März und vom 12. März bis zum 23. Juli der Erde abgewandt.

Am 5. März (zwei Tage, nachdem Sonne und Erde auf die gleiche Ringseite traten, also bei normalen Beleuchtungsverhältnissen) sah H.-J. Blasberg erstmals den Ring bei sehr unruhiger Luft an einem Refraktor 250/3750. Im 110/1650-Refraktor war die haarfeine Linie gerade noch erkennbar. Überraschenderweise zeigte sich, daß das für kurze Zeit danach erwartete vollständige Verschwinden des Rings nicht eintrat. S. Seliger bemerkte am 31. März mit seinem Refraktor 80/1200 eine Andeutung des Ringes und konnte ihn als äußerst schwache Erscheinung bis zum Ende der Beobachtungsreihe Mitte Mai weiterverfolgen. W. Görs und der Verfasser nahmen den Ring an größeren Refraktoren (125 mm, 130 mm und 150 mm Öffnung) erst ab 12. bzw. 3. März wahr, da vorangegangenes Suchen negative Resultate brachte. Mit dem Coudé-Refraktor 150/2250 war er dann auf den ersten Blick gut zu erkennen. Von S. Seliger und dem Verfasser konnten im Mai und Anfang Juni, also zu Zeiten maximaler Ringöffnung, auch andeutungsweise die „Henkel“ (Ansens) des Ringsystems bemerkt werden. Die dafür verantwortliche Neigung der Saturnringebene gegen die Ekliptik deutete sich auch auf dem Planeten durch eine merkliche Wölbung und Verschiebung des Ringschattens in nördliche Richtung an. Im 63/840-Refraktor dagegen blieb der Ring unsichtbar (Rausche).

Die Sichtbarkeit des Ringsystems trotz Zuwendens der unbeleuchteten Ebene stellt jedoch kein absolutes Novum dar. Schon in einem 1793 veröffentlichten und sich auf die Kantenstellung 1789 beziehenden Jahrbuchbericht können wir lesen, daß seinerzeit Friedrich Wilhelm Herschel „den Ring durch seine Telescopa noch immer sahe, wenn andere Astronomen das letzte Licht desselben gänzlich verloren hatten, und sogar damals da die Erde gegen die erleuchtete Seite des Ringes stand ...“ [1]. Etwas ungewöhnlich dürfte nur die diesmalige Intensität des Phänomens gewesen sein.

Zum Ringschatten: Aus der ersten Sichtbarkeitsperiode ist nur eine Beobachtung vom 21. Februar bekannt (Kalauach, Refraktor 120/1850). Ende März erschien er fast gleichzeitig wieder im 80/1200- und 150/2250-Refraktor. Am besten sichtbar war der Schatten im Mai, als er als tiefschwarzer Strich schon im Refraktor 63/840 bemerkt wurde. Ab Juni verschlechterte sich die Sichtbarkeit wieder, in größeren Instrumenten konnte dabei eine deutliche Abnahme seiner Breitenausdehnung festgestellt werden. Wegen der niedrigen Deklination der Erde am Saturnhimmel erwiesen sich *Beobachtungen der Monde* nicht problematisch. Die Neigung ihrer Bahnen gegen den Planetenäquator ist ja, ähnlich wie bei Jupiter, sehr gering (Ausnahmen: Japetus und Phoebe), so daß eine Gefahr der Verwechslung mit Fixsternen kaum bestand. So kam es, daß sich am Abend des 3. Mai einigen Beobachtern das seltsame, eindrucksvolle Schauspiel einer Sonnenfinsternis auf Saturn bot. Die kleine und tiefschwarze Schattenscheibe des Titan stand gegen 20^h 30^m MEZ rund 25° westlich des Zentralmeridians, genau im Südlichen Äquatorband. In unserem Gebiet sind noch weitere Schattenvorübergänge beobachtbar gewesen. Uns liegen jedoch keine anderen Meldungen vor.

Literatur: [1] Berliner Astronomisches Jahrbuch 1793, herausgegeben von J. E. Bode

HANS-JÖRG METTIG

Verkaufe umständehalber sehr gut erhaltene I b-Montierung mit Säulenstativ für 1400,- M. Detlef Herbert, 3301 Brumby, Neugattersleberstraße 5.

Suche Kleinantrieb einer Zeiss I a-Montierung 220 V, 50 Hz.
Daniel Arndt, 3034 Magdeburg, Salvador-Allende-Str. 27.

Monsieur Poncet löste Montierungsproblem für Astroamateure

ACHIM GRÜNBERG

Robustheit und maximale Stabilität zeichnen eine neue Form der Teleskopmontierung aus, die Andrien Poncet aus St. Claude, Frankreich, in [1] erstmals der internationalen Öffentlichkeit vorstellt. Seitdem wurde seine Idee von vielen Amateuren begeistert aufgegriffen und teilweise modifiziert, denn die obenerwähnten Kriterien lassen sich noch um vier, für den Amateur wesentliche Faktoren erweitern: Die Herstellung der Montierung erfordert einen nicht zu unterbietenden Material- und Arbeitsaufwand. Es sind keine Spezialwerkzeuge notwendig, die Montierung bleibt selbst für größere Instrumente transportabel.

Der einzige Nachteil, das Teleskop lässt sich in der Regel nur maximal eine Stunde ohne Unterbrechung nachführen, fällt durch unsere ungünstigen Licht- und Luftverhältnisse nicht so schwer ins Gewicht. Der Rezensent hat vier zu dieser Thematik erschienene Beiträge [1], [2], [3], [4] studiert und unterbreitet hier einen Konstruktionsvorschlag, der von ihm noch nicht praktisch erprobt wurde.

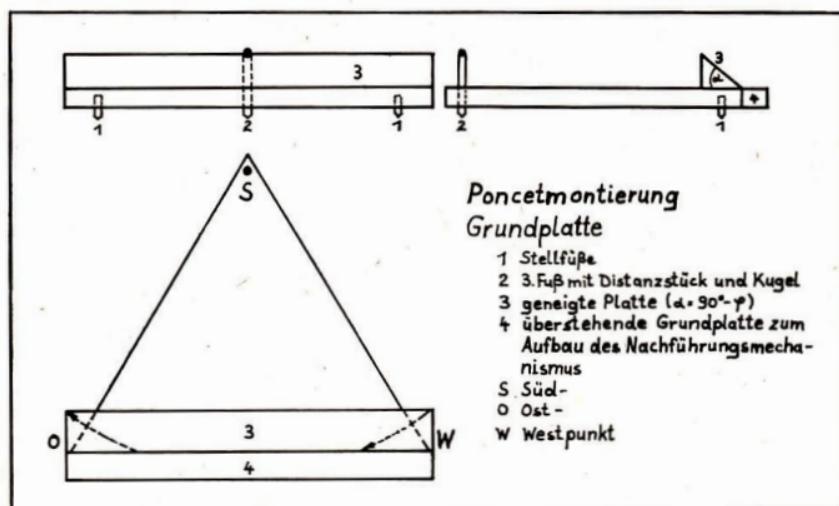
Die Poncet-Montierung kann man sich von der beim 5-Meter-Spiegel (Mt. Palomar) erfolgreich

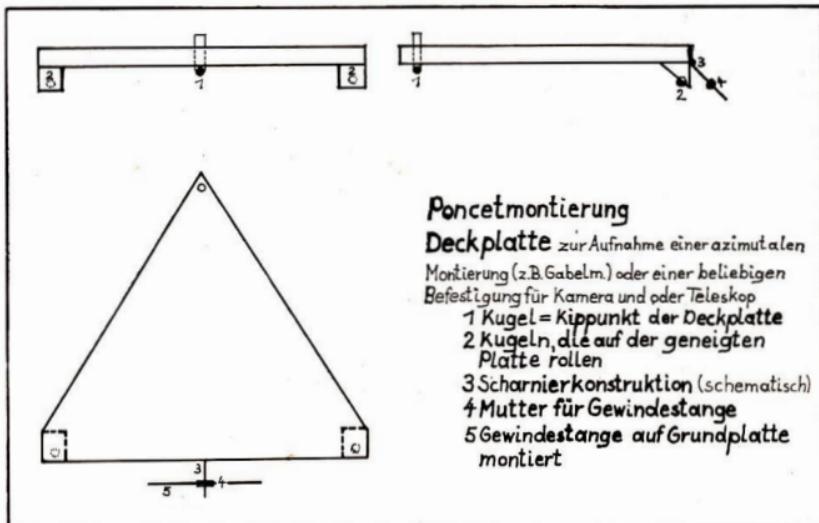
angewandten split-ring-Montierung (Hufeisenmont.) abgeleitet vorstellen, andererseits bietet sie die Vorteile der azimutalen Teleskopaufstellung wie sie beim 6-Meter-Spiegel (Selen-tschukskaja) erstmalig großtechnisch demonstriert wurde.

Es wird kein Stativ im herkömmlichen Sinne benötigt, die Bauweise ist bewußt sehr niedrig gehalten. Dadurch ist diese Aufstellungsmethode besonders für Newton-Teleskope geeignet, Cassegrain-Systeme, Refraktoren erfordern die Verwendung eines Zenitprismas. Wegen der Gleichgewichtsbedingungen (Schwerpunktstlage) möchte ich einem Spiegelinstrument den Vorzug gegenüber einem langbrennweitenigen Refraktor geben. Aufbau und Funktionsweise seien anhand der Zeichnungen erläutert.

Eine der Größe des Instrumentes angepaßte, aber nicht zu kleine dreieckige *Grundplatte* (starke hölzerne Tischplatte) kann mittels Justierschrauben exakt in Waage gebracht werden. Sie trägt am Südpunkt einen Lagerzapfen, in der Ost-West-Ebene eine um den Komplementwinkel zur geographischen Breite des Beobachtungsortes geneigte ebene Platte aus hartem Material (Stahl, dickes Glas) und die in der Zeichnung nur schematisch angedeutete Nachführleinrichtung (Kleinmotor mit Schraubenstange oder Seilzug).

Über der Grundplatte ist eine *Deckplatte* gleicher Form in extrem stabiler Dreipunktlagerung um den Lagerzapfen der Grundplatte um etwas mehr als 15° schwenkbar. Zwei Auflagepunkte





Poncetmontierung

Deckplatte zur Aufnahme einer azimutalen Montierung (z.B. Gabelm.) oder einer beliebigen Befestigung für Kamera und/oder Teleskop

1 Kugel = Kippunkt der Deckplatte
2 Kugeln, die auf der geneigten Platte rollen

3 Scharnierkonstruktion (schematisch)

4 Mutter für Gewindestange

5 Gewindestange auf Grundplatte montiert

(alle drei stehen in einem Winkel von 60° zueinander) befinden sich auf der geneigten Platte und bewegen sich rollend oder gleitend beim Schwenken der Deckplatte so, daß selbige leicht gekippt wird. Ein beliebiges, in beliebiger Weise aufgestelltes, auf einen Stern ausgerichtetes Instrument (Kamera, Teleskop) folgt der scheinbaren Bewegung desselben, sofern die Geschwindigkeit mit der die Deckplatte um den Südpunkt gekippt wird, die richtige ist. Exakt ausgedrückt rotieren die Auflagepunkte um eine imaginäre Achse, die vom Südpunkt zum Himmelspol weisen würde. Eine Scharnierkonstruktion kann die Verbindung zwischen Deckplatte und Antriebseinheit darstellen. Es bietet sich an, das Teleskop azimutal auf einer *Gabel* aufzuhängen. Der Schwerpunkt des Instruments sollte über dem Mittelpunkt der Deckplatte liegen, das ist aber nicht Bedingung. Es können auch mehrere Instrumente nebeneinander aufgestellt werden und, sind Grund- und Deckplatte groß genug, d. h. ist Platz vorhanden, kann der Beobachter getrost „mitreisen“.

Die Abmessungen der geneigten Platte können rechnerisch oder zeichnerisch ermittelt werden und müssen der Bewegung der Auflagepunkte angepaßt sein. Unter der Voraussetzung, daß die Auflagepunkte 1000 mm voneinander und vom Kippunkt entfernt sind und eine Nachführzeit von einer Stunde erreicht werden soll, bewegt sich ein Punkt etwa 300 mm seit- und dabei 130 mm schräg auf- bzw. abwärts. Die

Platte wäre in diesem Falle mindestens 1350 mm mal 140 mm zu dimensionieren. Steht ein großes Blech nicht zur Verfügung, genügen zwei in den Maßen 350 mm mal 140 mm, die mit einer um $90^\circ - \varphi$ abgeschrägten Holzleiste verschraubt oder verklebt sind. Die geneigte Platte hat damit eine Höhe von 88 mm bei $\varphi = 51^\circ$, so groß muß auch der Mindestabstand zwischen Grund- und Deckplatte sein (man wird ihn wegen des Kippens größer wählen) wenn beide parallel zueinander liegen. Die Höhe des Lagerzapfens über dem Südpunkt ist entsprechend zu bemessen. Wird eine andere Entfernung der Auflagepunkte als 1000 mm gewählt, ist ein Faktor zu bilden, mit dem die anderen Maße zu multiplizieren sind.

Einige Bemerkungen zur elektromotorischen *Nachführung* mittels Gewindestange und Kleinstgetriebesynchronmotor (VEB Elektromotorenwerke Hartha), berechnet für eine Stunde Nachführdauer. Gewindestange M 10 mal 1 (Feinge-winde) oder M 10 mal 1,5:

Motor-drehzahl (min ⁻¹)	Gewinde-steigung (mm ⁻¹)	Länge der Gewindestange (mm)	Radius ¹⁾ (mm)
1	1	60 + x	227
3	1	180 + x	684
6	1	360 + x	1367
1	1,5	90 + x	342
3	1,5	270 + x	1025

¹⁾ x = Mutterdicke in mm

¹⁾ Radius = Abstand Lagerzapfen-Mutter

Da der Antriebsmechanismus dem Prinzip der Tangentialschraube entspricht, ändern sich die Winkelgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Mittenstellung der Gewindemutter geringfügig. Bei Verwendung kurzbrennweiter Kameraobjektive kann diese Abweichung vernachlässigt werden. Für längere Brennweiten ist die Verwendung eines Frequenzwandlers zur Beeinflussung der Motordrehzahl zu empfehlen.

Der Bau eines Teleskopes stellt heute für viele Amateure nicht mehr die Schwierigkeit dar, zumal Einzeloptik vielfach im Angebot ist. Das Montierungsproblem hielt bislang viele davon ab, ein leistungsfähiges Instrument herzustellen. Poncelet's Idee löst dieses Problem in bewundernswert einfacher Weise.

Literatur: [1] Gleanings for ATM's, Sky and Telescope Vol. 53 No. 1 1977. – [2] dto. Vol. 56 No. 5 1978. – [3] dto. Feb. 1980. – [4] dto. März 1980.

Arbeitsgruppe „Kometen“ (I)

Während es bereits in der Antike der Wirklichkeit sehr nahe kommende Ansätze für die Einordnung der meisten seinerzeit bekannten Himmelskörper gab, blieben die Kometen lange Zeit hindurch rätselhafte Objekte, die als atmosphärische Gebilde betrachtet wurden und mehr als alle anderen Himmelskörper Anlaß zu mystischer Deutung gaben. Dies ist wohl weitgehend auf ihr unerwartetes und auch von der Erscheinungsform her vielgestaltiges Auftreten zurückzuführen, was mit dem als gesetzmäßig erkannten Verhalten der übrigen Himmelskörper nicht im Einklang stand. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sie in der öffentlichen Meinung besonderes Interesse beanspruchten, woran sich im Grunde genommen bis heute wenig verändert hat; freilich bezieht man andere Standpunkte.

Den ersten endgültigen Nachweis der Kometen als extraterrestrische Gebilde verdanken wir Tycho de Brae; Borelli und unabhängig von ihm der als Astronom bekannte aus Plauen stammende Pfarrer Dörffel zeigten, daß sich Kometen in Parabelbahnen, also einem Kegelschnitt bewegen, was dann auch von Newton auf Grund seiner Mechanik streng bewiesen werden konnte. Seinem Schüler Halley gelang es schließlich, die periodische Wiederkehr des nach ihm benannten Kometen von 1682 zu entdecken, was als letzter Beweis für die Zugehörigkeit der Kometen zum Sonnensystem zu werten war.

Während in der Folgezeit Kometenbahnen mit Berücksichtigung ihrer Störungen durch die

Planeten von der Theorie gut beherrscht werden konnten, blieb ihre Helligkeitsentwicklung vorauszusagen unsicher. Aus der scheinbaren Helligkeit h läßt sich unter Berücksichtigung des Abstandes von der Sonne A und des Erdabstandes g seine reduzierte Helligkeit H berechnen: $H = hA^2g^2$

Diese reduzierte Helligkeit ist insbesondere bei Sonnenannäherung oft stark veränderlich und von den inneren Vorgängen im Kometen bei seiner Entgasung aber auch von der Sonnenaktivität abhängig. Es kommt sogar gelegentlich zu kurzzeitigen Helligkeitsausbrüchen und Veränderungen der Schweifstruktur (die freilich nur bei hellen Objekten beobachtbar sein kann).

Die möglichst lückenlose Beobachtung von Kometen ist daher von außerordentlichem Wert und stellt für den beobachtenden Amateur eine interessante Aufgabe dar. Dies wird durch die Tatsache erleichtert, daß Photometrie umso einfacher wird, je punktförmiger das Objekt abgebildet wird, mit anderen Worten: je kurzbrennweiter die Kamera ist. Objektive mit 5...10 cm Brennweite leisten ausgezeichnete Dienste. Größere Objekte werden flächenhaft abgebildet; dann spielt im wesentlichen das Öffnungsverhältnis der Aufnahmeeoptik – etwa eines Spiegels – die dominierende Rolle. In beiden Fällen sind das gerade die vom Amateur häufig benutzten Hilfsmittel. Eine Schwierigkeit der Kometenbeobachtung liegt freilich darin, daß sie häufig nicht rechtzeitig vorbereitet wird, da man meist weder die Erscheinungszeit überhaupt, noch den Entwicklungsmodus kennt. Jährlich werden im Mittel rund zehn Kometen beobachtbar, von denen die meisten außerhalb der Reichweite von Amateurinstrumenten liegen; man kann jedoch pro Jahr mit zwei bis drei beobachtbaren Ereignissen rechnen. Geduld und ständige Bereitschaft sind daher eine wesentliche Voraussetzung für die Beschäftigung mit diesen interessanten Körpern.

Über Zielstellungen der Beobachtung und methodische Einzelheiten wird in der Folgezeit an dieser Stelle von der Arbeitsgruppe berichtet werden, die diese Tätigkeit der Amateure auch koordiniert. Als Arbeitshilfen werden von der Arbeitsgruppe aktuelle Ephemeriden verbreitet und in angemessenen Abständen Seminare bzw. Arbeitstagungen abgehalten. In speziellen Fällen sind Einzelkonsultationen vereinbar. Die Ephemeriden werden an die Mitglieder der Arbeitsgruppe bei Einsendung adressierter und frankierter Umschläge übersandt. (Vgl. dazu die Abbildung der 3. Umschlagseite!)

KURZBERICHTE

Astronomisches Jugendlager Kirchheim 1980

Es ist schon eine gute Tradition geworden, daß sich alljährlich in den Sommermonaten junge Amateurastronomen aus allen Teilen unserer Republik unter der Schirmherrschaft des Kulturbundes zusammenfinden, um einmal ungestört ihrem Hobby nachzugehen. Vom 8.-17. August traf man sich zum zweiten Mal an der Volkssternwarte Kirchheim. Der zehntägige Kursus war wieder für junge Sternfreunde zugeschnitten, die noch wenig Erfahrung in der praktischen Beobachtungstätigkeit hatten. Dementsprechend standen die Arbeit mit dem Fernrohr und die Motivation zu selbständigen Beobachtungen im Vordergrund unseres Lagers. Um das Programm abwechslungsreich zu gestalten, hatten wir kompetente Referenten zu speziellen Themen eingeladen: Dietmar Böhme gab am ersten Tag einen Überblick über das Spektrum der Beobachtungsmöglichkeiten des Amateurastronomen. Besonders intensiv ging er auf die Verfahren zur Bestimmung des Lichtwechsels von Veränderlichen ein.

Seine Erfahrungen auf dem Gebiet der Astrofotografie vermittelte Wolfgang Roloff. Er beschränkte sich dabei nicht bloß auf die Darstellung der Ergebnisse seiner Amateuraarbeit, sondern demonstrierte in der Dunkelkammer auch den Weg zum fertigen Astrobild. Günter Loibl, Leiter der Volkssternwarte Erfurt, erläuterte die Positionsbestimmung von Sonnenflecken mittels Sonnenprojektion. Hilfen und Anregungen für eigene Beobachtungen zu geben war auch das Anliegen der Vorträge über den Kalender für Sternfreunde (G. Loibl) und über Jupiterbeobachtungen (K.-H. Mau).

Lagerleiter Jürgen Schulz vermittelte wichtige physikalisch-optische Grundlagen der visuellen und fotografischen Beobachtung. Zur Abrundung des praxisorientierten Teils der Vorträge diente ein Kolloquium zum Selbstbau von Amateurergeräten. Den Teilnehmern wurde dabei vor Augen geführt, was man sich bei einem Geschick und Ausdauer an leistungsfähigen Fernrohren und Zusatzergeräten schaffen kann, auch wenn man nicht über unerschöpfliche Finanzquellen verfügt.

Bertram Tenner, Mitarbeiter der Universitätssternwarte Jena, referierte zum Thema „Sternentstehung und Sternentwicklung“ und bestritt gemeinsam mit Herrn Uwe Walther ein lebhaftes Rundtischgespräch zu Fragen der Kosmologie und Kosmogonie.

In den Vorträgen erworbenen Kenntnisse galt es dann in der Praxis anzuwenden. Gelegenheit dazu bot sich tagsüber bei der Beobachtung der Sonne und beim Aufsuchen der Venus und eines hellen Fixsterne nach Koordinaten. Fernrohre waren in genügender Zahl vorhanden: Neben dem 300-mm-Spiegelteleskop, flankiert von einem Leitrefraktor 140/1400, standen den 16 Teilnehmern zwei Amateurfächer 80/1200, ein Kometensucher sowie sechs Telemetoren zur Verfügung.

Die ersten Abende bescherten eine dichte Wolkendecke. Wir vertrieben uns diese Zeit mit Erfahrungsaustausch und einem brillanten Diavortrag von Herrn Loibl über „Unser heutiges Bild vom Universum“. Doch dann kam doch noch das angekündigte „Hoch“ und brachte uns die ersehnten klaren Nächte, die bis zum Morgengrauen genutzt wurden. Nun machten sich die vielen Fernrohre bezahlt, da sie ein intensives Arbeiten in kleinen Gruppen ermöglichten. Natürlich hatte jeder Gelegenheit, auch an großen Teleskop zu beobachten. Auf dem Programm standen ausgesuchte Planetarische Nebel, Sternhaufen, Doppelsterne, extragalaktische Objekte, ein Veränderlicher und natürlich die Perseiden. Zu astrofotografischen Experimen-

ten forderte uns die schillernde Milchstraße geradezu heraus. Drei Teleobjektive, befestigt am 30 cm-Cassegrain, standen für simultane Sternfeldaufnahmen bereit. Kleinbildkameras konnten darüber hinaus an den gemeinsam gescheinerten Amateur- und Schulfächerrohren nachgeführt werden. Jeder „Astrofotograf“ hatte auch Gelegenheit, seine Filme in der Dunkelkammer unter Anleitung selbst zu entwickeln.

Über Langeweile konnte in Kirchheim niemand klagen. Neben den astronomischen Veranstaltungen gab es ein auflockernches Rahmenprogramm: Ein Besuch der IGA, des Mariendoms und der restaurierten Erfurter Altstadt gehörten ebenso dazu wie der gemeinschaftliche Arbeits-einsatz an der Sternwarte. Höhepunkt des Sommerlagers war zweifellos die Exkursion zum Observatorium Tautenburg, wo uns Herr Dr. Börnigen in einer interessanten Führung mit dem 2-m-Spiegelteleskop und dem Forschungsprofil der Sternwarte vertraut mache.

Mit Liedern am Lagerfeuer ging unser „astronomischer Sommer 1980“ zu Ende. Allen Beteiligten hat es ausgezeichnet gefallen, wie die Abschlußumfrage ergab. (S. das Abschlußfoto auf Bildseite IV!) Bleibt uns zum Schluß nur übrig, allen Referenten nochmals ein herzliches Dankeschön zu sagen für ihre Mitwirkung, ebenso Herrn Dr. Lindner für seine moralische und organisatorische Unterstützung.

J. SCHULZ, G. FREYDANK, M. VLAHOSZ,
P. GROSSE, F. SCHUBERT

Astronomisches Jugendlager an der Volkssternwarte Drebach

23 Jugendliche (darunter vier Mädchen) im Alter von 15 bis 19 Jahren aus acht Bezirken der DDR und aus Berlin, weilten vom 4. bis 11. 8. 80 an der Volkssternwarte Drebach zum ersten astronomischen Jugendlager im Bezirk Karl-Marx-Stadt. Das Jugendlager stand unter der Schirmherrschaft des Kulturbundes der DDR. Finanziert wurde es durch die Bezirksleitung des Kulturbundes Karl-Marx-Stadt. Über 50 Anmeldungen lagen vor, es war oft schwierig, gerecht auszuwählen.

Die Teilnehmer waren in der Karl-Marx-Oberschule Drebach untergebracht. Sie befindet sich unmittelbar neben der Sternwarte. Ein umfangreiches theoretisches und praktisches Programm erwartete die Jugendlichen.

Am ersten Tag, nach Begrüßung der Teilnehmer durch den amtierenden Bürgermeister und durch den Leiter der Sternwarte, wurde die Sternwarte besichtigt und die instrumentelle Ausrüstung erläutert. Hinweise zur Bedienung der Instrumente wurden gegeben, denn das Wetter versprach eine klare Nacht.

Es war möglich, an fünf Schulfächerrohren zu arbeiten. Am Gegengewicht wurde eine Kleinbildkamera angebracht. An größeren Instrumenten standen bereit: 1 Kometensucher 110/750 mm, der „Meniscas“ 150/900/2250 mm und ein Cassegrain 300/1800/4500 mm. Für die Astrofotografie waren drei Spiegelreflexkameras, die Astrokameras 56/250 mm bzw. 60/720 mm, ein Weitwinkelobjektiv 1:4, $f = 20$ mm und zwei Spiegelobjektive mit 180 und 125 mm Öffnung und Brennweiten von 1000 bzw. 500 mm vorhanden. Gruppen zu drei Mann bildeten jeweils eine Stammmannschaft für ein Fernrohr. (Vergleiche dazu unser Bild auf Bildseite IV!)

Die Sternwarte liegt 482 m ü. NN und leidet wenig unter Fremdlicht. Es war deshalb nicht verwunderlich, daß viele jugendliche vom Sternhimmel begeistert waren und bis zum frühen Morgen beobachteten. Neben zentralen Beobachtungen, kam die Astrofotografie zu ihrem Recht. Einen Ersterfolg zeigt die Abb. auf Bildseite III. Jeder Jugendliche erhielt meistens am darauffolgenden Tag seine angefertigten Astroaufnahmen entwickelt zur Begutachtung zurück. Ob an den beiden „großen“ Instrumenten oder am Schulfernrohr mit Handnachführung, überall wurden teilweise beachtliche Ergebnisse erzielt. Milchstraßefelder standen neben Sternhaufen ebenso auf dem Programm wie eine Konjunktion des Mondes und der Venus in den Morgenstunden des 7. 8.

Am Tage kam die Theorie nicht zu kurz. Das Spektrum der Vorträge war breit gefaßt – jeder sollte Impulse für die Zukunft erhalten. Fragen nach Sinn und Aufgaben der Amateurastronomie, Möglichkeiten der Arbeit im Kulturbund, das theoretische Wissen des Amateurastronomen, Amateuruinstrumente und -Einsatzgebiete, Astrofotografie, Veränderlichenbeobachtung, Satellitenbeobachtungen (F. Berth, Rodewisch), Beobachtung der Sonne (H. Albert, Crimmitzschau) und Sternbedeckungen (D. Büttner, Karl-Marx-Stadt) bildeten den Inhalt der Fachvorträge. Den Referenten möchten wir auf diesem Wege noch einmal danken.

Zwei Abendvorträge über den Aufbau des Universums und die Erforschung des Monden runden das theoretische Programm ab. Heike Runge, eine Teilnehmerin, erläuterte Aspekte der Marsforschung. Die Bibliothek der Sternwarte wurde zum Selbststudium ausgiebig benutzt.

Aufgelockert wurde der oft anstrengende Tages- und Nacht- alauf durch ein Rahmenprogramm.

Den Auftakt bildete ein Farbdiavortrag eines ehemaligen Mitarbeiters der Sternwarte über sein Biologiestudium in der UdSSR. Eine Halbtageswanderung führte in das Landschaftsschutzgebiet „Heidelbachtal“ und in die „Wolkensteiner Schweiz“ an der Zschopau. Bei herrlichem Wetter fand eine Busausfahrt zur Schulternwarte Marienberg, zum Fichtelberg und zum Frohnauer Hammer bei Annaberg statt. K. Pomp erläuterte interessant Entstehung und Aufbau sowie Aufgaben der Sternwarte Marienberg. Ihm, dem 75jährigen, gilt unser besonderer Dank. Am 10. 8. wurde im Jagdzimmer des Kulturhauses der LPG Abschluß gefeiert. Die aktivsten Teilnehmer des Lagers – Steffen Wündisch (Lützscher), Gerd Wetzig (Forst), Volker Hopf (Saalfeld), die Dreiergruppe Claudia Buntrock (Berlin), Olaf Breitbarth (Torgau) und Uwe Schilling (Dresden) – erhielten Auszeichnungen. Adressen, Erfahrungen und Erinnerungen wurden ausgetauscht, auch der Humor kam nicht zu kurz. Grundton des Abends: Die Tage in Drebach vergingen viel zu schnell.

In einem Gedicht der Lagerteilnehmer heißt es zum Schluß:
„Bleibe nur noch zu hoffen,
daß die Behörden die Ohren haben offen
und das erste Lager nicht das letzte war,
sondern wieder eins sein wird: im nächsten Jahr!“

Dem schließen sich die Betreuer des Lagers an und danken – auch im Namen der Jugendlichen – all denen, die das Sommerlager in Drebach ermöglichten.

KARLHEINZ MÜLLER
JOHANNES RICHTER

AUS d. LITERATUR

Pläne für ein 10-Meter-Teleskop

In den USA (University of California) liegen Pläne für den Bau eines optischen 10-m-Teleskops vor. Da die Kosten für Spiegelteleskope mit der dritten Potenz ihres Durchmessers anwachsen, würde ein solches Gerät in herkömmlicher Weise etwa 200 Millionen Dollar kosten. Eine Alternative dazu ist ein Vielspiegelteleskop (Multi Mirror Telescope), wie es bereits auf dem Mount Hopkins arbeitet. Die Brennweite des neuen, azimuthal montierten Instruments soll zwischen 15 und 20 Metern liegen. Deformationen bei der Teleskopbewegung werden durch die „aktive Optik“ (pro Segment 12 Sensoren und drei Antriebe) ausgeglichen. Eine einfache derartige Vorrichtung für Segmente eines zusammengefügten Spiegels wurde bereits getestet. Diese funktionierte vielfach präziser als erwartet. Die Gesamt- kontrolle ist auf einem Rechner modelliert worden. Die Struktur wird so ausgelegt, daß auch noch bei einer Windgeschwindigkeit von 80 km/h beobachtet werden kann. Es fand sich sogar eine Glasfirma bereit, einen 10m-Spiegel herzustellen. Probleme sind allerdings der Transport und die alljährliche Neuversiegelung (Vakuumrezipient!). Für den zusammengefügten Spiegel wurde u. a. eine billige Methode des Polierens vorgeschlagen: Die Segmente werden vorgespannt, sphärisch poliert und „springen“ beim Entspannen in die Form eines Paraboloids.

Die insgesamt 54 sechseckigen Segmente (je 0,7 m groß) werden in drei Ringen um einen größeren Zentralspiegel montiert. Die Gesamtkosten sollen zwischen 20 und 50 Millionen Dollar liegen.

Als mögliche Aufstellungsorte werden genannt: Mauna/Kea (Hawaii, 4300 m hoch); dort sind bereits Straßen zu anderen Observatorien vorhanden.

White Mountain (Kalifornien, 4300 m hoch); liegt zwar recht nahe, ist aber von Landfahrzeugen kaum zu erreichen.

Junipero Serra Mountain (Kalifornien, nur 1800 m hoch). Die vorgesehenen Beobachtungsschwerpunkte liegen auf folgenden Gebieten:

1. Optische Beobachtungen (Untersuchungen entfernter Galaxien; kosmologische Fragestellungen)
2. Infrarotbeobachtungen (Protosterne und galaktisches Zentrum)
3. Optische Spektroskopie (Kugelsternhaufen anderer Galaxien, Absorptionslinien in Quasarspektren)
4. Infrarotspektroskopie (Moleküle in Sternatmosphären, Emissionspektren von Quasaren).

Literatur: Nature, vol. 279, 567–568 (1979).

Englische Studie für Kometensonde

Nach der UdSSR, den USA und der ESA befassen sich nunmehr auch englische Wissenschaftler mit dem Projekt einer Kometensonde zur Untersuchung des Halleyschen Kometen (1985/86). Eine entsprechende Studie wurde von der British Aerospace Dynamics Group vorgelegt.

Die nach dem italienischen Maler Giotto, der 1301 das erste Bild des Kometen anfertigte, benannte Sonde soll die Bahn des „Weltenbummlers“ in weniger als 1000 km Entfernung passieren, die chemische Zusammensetzung des Schweifs messen und den Kometenkopf fotografieren. Vorgesehen sind ferner Magnetfeldmessungen.

Literatur: NTZ, 33 (1980) 8, S. 524.

Fluktuationen der Sonnenstrahlung

Mit Hilfe des Satelliten SMM (1980-14A) gelang es, Fluktuationen von etwa $1/10$ Prozent in der Energieabstrahl-

lung der Sonne nachzuweisen. Das entspricht einer Änderung der Oberflächentemperatur, die etwa 5700 K beträgt, um rund 10 K. Es wird angenommen, daß die Schwankungen in der Energieabstrahlung durch Sonnenflecke und Sonneneruptionen hervorgerufen werden. Das Meßinstrument wird als Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor bezeichnet und ist eines der vielen in diesem Satelliten installierten Meßapparaturen. Seine Empfindlichkeit gestattet, Veränderungen der solaren Ausstrahlung bis zu einem tausendstel Prozent zu messen. Registriert wird die Strahlung im gesamten Spektralband von der Röntgenstrahlung bis zur Radiostrahlung. 99,0 % der gesamten Ausstrahlung der Sonne werden erfaßt. Diese Messungen sind vor allem deshalb von Interesse, weil eine Änderung der solaren Ausstrahlung von weniger als 0,5 % pro Jahrhundert bereits grundlegende Klimaänderungen auf der Erde hervorrufen könnten. Bei einer Abnahme der solaren Ausstrahlung um 1 % würde die mittlere Temperatur der Erde schon um 1 °C sinken, bei einer Abnahme um 6 % würde die gesamte Erdoberfläche von Eis bedeckt sein. Die Eiszeiten werden auf Änderungen der Strahlungsintensität der Sonne zurückgeführt, genau so, wie eine Erwärmung um etwa 8 °C vor etwa 150 Millionen Jahren. Die letzte „kleine Eiszeit“ herrschte von Mitte des 17. bis Mitte des 19. Jahrhunderts, wobei die mittlere Erdttemperatur um etwa 0,5 °C unter der heutigen lag.

Literatur: NASA-News, 80-124.

Saturnringe auf Pioneer 11-Fotos

Bei den meisten in der Presse veröffentlichten Bildern, die Pioneer 11 Ende August 1979 vom Saturn gemacht und übertragen hat, erschien die Ringe nahezu dunkel. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß sich zu dieser Zeit der Saturn nahe der Frühlings-Tag-und-Nachtgleiche seiner Bahn befand, so daß die Sonne fast in der Ringebene stand, nur geringfügig südlich. Die Sonnenstrahlen fielen streifend „von unten“ auf die Ringpartikel. Pioneer 11 näherte sich aber von Norden kommend dem Planeten, stand also oberhalb der Ringebene. Demnach wurde die unbeleuchtete Ringseite fotografiert, was den Vorteil hatte, daß sich die Möglichkeit bot, die optische Dicke der einzelnen Ringzonen zu untersuchen.

Literatur: Luft- und Raumfahrt, Jahrgang 1, Heft 3

Ausschnittsvergrößerung aus einer Aufnahme der Saturnringe durch Pioneer 11 am 1. 9. 1979 aus 305 000 km Abstand vom Saturn. Die Ringe selbst sind von der unbeleuchteten Seite zu sehen. Die oberen Streifen sind die Schatten der Ringe. Eindeutig sichtbar sind die Ringteilungen: die Cassini-Teilung zwischen dem äußeren Ring A und dem mittleren Ring B; die neu entdeckte „Französische Teilung“ zwischen dem Ring B und dem inneren Ring C.

(Foto: NASA)



Kamera für Weltraumteleskop

Den Auftrag für die Entwicklung und den Bau der „Faint Objekt Kamera“ für das amerikanische Weltraumteleskop, welches ab 1983 eingesetzt werden soll, erhielt der BRD-Konzern Dornier von der ESA zugesprochen. Das Weltraumteleskop soll mit einem Space Shuttle 1983 in eine 600 km hohe Umlaufbahn gebracht werden. Beobachtungen kosmischer Objekte sollen im 120 bis 700 nm-Bereich des Spektrums erfolgen. Das Teleskop wird eine Länge von 13 m und einen Durchmesser von 4 m haben. Damit sollen vor allem Neutronsterne, Quasare und Galaxien beobachtet werden. Man hofft, mit dem Teleskop Objekte bis zur 29. Größenklasse erfassen zu können. Das Teleskop, welches normalerweise automatisch arbeitet, soll von Astronauten gewartet und durch Austausch von Geräten für verschiedenartige Einsätze modifiziert werden.

Literatur: Dornier Informationen Nr. 800719

Fernrohrmontierung für Spacelab

Die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA hat über die westeuropäische ESA bei dem BRD-Konzern Dornier Systems in Friedrichshafen nun auch eine neue Fernrohrmontierung (Instrument Pointing System) bestellt. Es handelt sich um ein Gerät, welches im Nutzlastteil des Spacelab untergebracht ist und eine präzise Ausrichtung des Fernrohrs und anderer Instrumente auf bestimmte kosmische oder auch irdische Objekte gestattet. Die Montierung kann geringfügige Bewegungen des Raumtransports ausgleichen und damit lange „Belichtungszeiten“ ermöglichen.

Literatur: Luft- und Raumfahrt, Jahrgang 1, Heft 3

Zentrale Kerne bei der Beobachtung von Sternen

Verschiedene Astronomen berichteten, daß sie bei ihren Beobachtungen an großen Teleskopen zentrale Kerne in den infolge atmosphärischer Turbulenzen verwaschenen Bildern der einzelnen Sterne geschen haben. Zur Erklärung dieser Erscheinung lag es nahe, den Einfluß der Erdatmosphäre bei der Abbildung eines Sternes mittels eines vorgegebenen optischen Systems zu untersuchen. Eine theoretische Behandlung dieses Problems konnte die oftmals beobachtete Erscheinung als rein physikalischen Effekt erklären. Die Helligkeit des zentralen Kernes ist abhängig von der Teleskopöffnung, den Abberationen der Optik des Teleskops (Abbildungsfehler), der Wellenlänge und dem Grad der Verwaschenheit des Sternes bei dessen Abbildung (Seeing-Faktor). Aufgestellte Theorien konnten in ihren Berechnungen an 5 m (200 inch)-Teleskop (Mount Palomar) und an 2,5 m (100 inch)-Teleskop (Mount Wilson) bestätigt werden. Die Helligkeit des zentralen Kernes läßt sich beeinflussen, wenn einige der genannten Parameter optimiert werden. Damit hat man eine Möglichkeit in der Hand, das Auflösungsvermögen großer Teleskope zu prüfen.

Literatur: Journal of the Optical Society of America, 1976.

Landsat 2 wieder funktionstüchtig

Nachdem der fünf Jahre alte Satellit Landsat 2 rund 6 Monate seine Bild- und Informationsübertragung eingestellt hatte, gelang es Wissenschaftlern des Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md., den Satelliten durch Magnettechnik wieder zu stabilisieren. Ausgefallen war er am 5. November 1979, weil die Schwinggradstabilisierungsanlage ihre Funktion einstellte, hervorgerufen durch

das Festwerden des Schmiermittels. Die Lagestabilisierung konnte nicht mehr aufrechterhalten werden, auch die Ausrichtung der Solarzellen auf die Sonne war nicht mehr zu realisieren, wodurch auch die Stromversorgung ausgefallen war. Am 5. Mai 1980 war es nach vielen erfolglosen Versuchen auf Funkbefehl gelungen, das Schwunggradsystem wieder in Betrieb zu setzen. Danach war es möglich, den Satelliten wieder auf Sonne und Erde auszurichten. Da das Druckgasystem erschöpft ist, war es notwendig, das magnetische Stabilisierungssystem zusätzlich einzuschalten. Die Bandaufzeichnungsanlage funktioniert nicht mehr, deshalb können die Bilder und Daten nur direkt von den drei amerikanischen und neun in anderen Staaten gelegenen Bodenstationen empfangen werden. Der im März 1978 gestartete Landsat 3 arbeitet noch störungsfrei.

Literatur: NASA-News Nr. 80-94

Weiterer Uranusmond vermutet

Der britische Astronom G. A. Steigmann kommt durch die Untersuchung der Bahn- und Massenverhältnisse im Satellitensystem des Uranus zu der Feststellung, daß ein noch unbekannter Uranusmond existieren muß. Für diesen hypothetischen Mond gibt er folgende Parameter:

Uranus VI

Masse: 40 % der Masse des Mondes Miranda

Durchmesser: 220 km

vis. Helligkeit: 17⁺ 2

große Bahnhalbachse: 105 221 km

Umlaufperiode: 1.0243⁺

Bahnnneigung: < 0°34

Bahmexzentrität: < 0,003

Infolge der geringen scheinbaren Helligkeit und der kleinen Entfernung vom Planeten ist der Nachweis sehr schwierig. Steigmann schlägt die Anfertigung fotografischer Aufnahmen in der Wellenlänge einer Absorptionslinie des Uranusspektrums mittels großer Teleskope vor.

Literatur: Monthly Notices, Vol. 186, Feb. 1979

Gliese 867 – ein mehrfaches Flaresternsystem

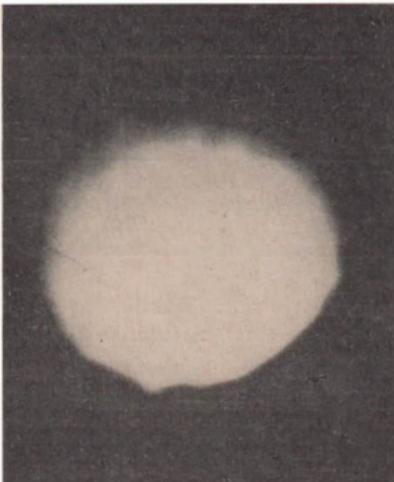
Gliese 867 (= HD 214479) ist ein visueller Doppelstern des südlichen Sternhimmels. Zwischen 1830 und 1942 durchgeführte Positionsmeßungen ergeben eine Bahnbewegung, die auf eine Umlauperiode von mindestens einigen hundert Jahren schließen läßt. 1965 konnte festgestellt werden, daß die Komponente A ein spektroskopischer Doppelstern ist, der eine Periode von 4,08 Tagen hat. Beide Komponenten von G 867 A konnten als Spektraltyp dM 1e, die Komponente B als Spektraltyp dM 4,5e identifiziert werden. Aufgrund des ausgeprägten Emissionslinienspektrums ist G 867 B in vielen diesbezüglichen Katalogen als verdächtiger Flarester verzeichnet.

Von September bis November 1977 wurde der visuelle Doppelstern G 867 am 0,75 m-Teleskop des South African Astronomical Observatory zwecks photometrischer Flareuntersuchungen beobachtet. Der spektroskopische Doppelstern G 867 A wurde in 6 Nächten insgesamt 13,1 Stunden, G 867 B in 2 Nächten insgesamt 6,6 Stunden photometrisch registriert. Während dieser Zeit wurden von G 867 A 3 Flares, von G 867 B 21 Flares beobachtet. Die mittlere Flarehelligkeit ist vergleichbar mit der anderer Flaresterne ähnlichen Spektraltyps.

Literatur: Mon. Not. R. astr. Soc., 187 (1979) 153-159

Pioneer 11 fotografierte Titan

Die amerikanische Raumsonde passierte am 1. 2. 79 den Saturn in nur 21 400 km Entfernung. Hier eines der Fotos, die während der Annäherung aufgenommen wurden. Es



zeigt den Saturnmond Titan, der als einziger Trabant unseres Sonnensystems über eine eigene Atmosphäre verfügt. Zur Aufnahmemezeit war die Sonde rund 370 000 km von Titan entfernt. (Foto: ADN-ZB)

Bio-Weltraumexperiment der Schweiz

Für den Einsatz im Spacelab, dem Raumlabor der ESA, das mit dem amerikanischen Space Shuttle gestartet werden soll, plant die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ein biologisches Experiment. Ziel ist die Untersuchung der Wirkung der Schwerelosigkeit auf die Zellteilung der Lymphozyten, die 25 % der weißen Blutkörperchen ausmachen und für die Immunreaktion verantwortlich sind. Lymphozyten aus menschlichem Blut sollen den Astronauten vor dem Start übergeben und nach Erreichen der Umlaufbahn in einem von der Schweizer Firma Reusser AG gebauten Inkubator durch ein Mitogen zur Immunreaktion angeregt werden. Radioaktives Thymidin dient als Maßstab für die Immunreaktion. Es wird während der Zellteilung in die aktivierten Zellen „eingebaut“. Diese Untersuchungen sind für langandauernde Raumflüge von Bedeutung.

Nach: ESA-Experiment; 1 ES 031

14. oder 16. Jupitermond

Dr. Stephan P. Synnott vom Jet-Propulsion Laboratory, Pasadena, Calif., der bereits den 15. Jupitermond entdeckt hat, fand Ende August 1980 bei der Durchmusterung der Aufnahmen von Voyager 1 und 2 einen 16. Jupitermond. Er war auf der Suche nach dem 14. Jupitermond. Letzterer konnte noch nicht wiedergefunden werden. Synnott hatte Hunderte von Aufnahmen durchmustert. Seiner Meinung nach ist entweder 1979-J1 zu klein, so daß er auf den anderen Aufnahmen nicht mehr abgebildet wurde, oder die Entdeckungsaufnahme, die von Voyager 1 stammte, war nicht richtig orientiert, so daß der jetzt gefundene 16. in Wirklichkeit der 14. Mond ist. Weitere Daten siehe Tabelle Seite 32.

Literatur: NASA-News, 80-139

Jupitermond Nr. Bezeichnung	Abstand von der Wolkeneobergrenze in km	Umlaufzeit h min	Durch- messer km	Bemerkungen
14. 1979-71	(57800 km)	(7.08)		Ist auf weiteren Voyager-Bildern nicht wiedergefunden worden
15. 1979-72	151100 km	16.16	70-80	Bahn zwischen Amalthea und Io
16. 1979-73	56200 km	7.4,5 ± 5	40	Außerhalb des Jupiterringes

REZENSIONEN

Sojus 22 erforscht die Erde

In diesem reich – zum Teil farbig – bebilderten Buch werden in populärwissenschaftlicher, allerdings anspruchsvoller und wissenschaftlich exakter Form, das Unternehmen Sojus 22 und die Ergebnisse des hier durchgeführten Experiments Raduga (Regenbogen) beschrieben.

Einführend berichten die Autoren, die selbst an dem Unternehmen beteiligt waren, über die wissenschaftlich-methodischen Grundlagen des Experiments und die Entwicklung der dazu verwendeten Multispektralkamera MKF-6. Beim Unternehmen Sojus 22 fand sie ihren ersten kosmischen Einsatz. Berichtet wird über das Raumschiff, seine Trägerkapsel und die Arbeit der Kosmonauten Waleri Bykowski und Wladimir Axjonow.

Sehr genau lernt der Leser dann die Multispektralkamera kennen: ihrem mechanischen Aufbau, das optische System, die Elektronik sowie ihre Zuverlässigkeit und ihre Bedienung. Auch der zur Auswertung des Bildmaterials entwickelte Farbmischprojektor MSP-4 wird vorgestellt. Der komplexen Prüfung und Eichung der Kamera ist ein weiteres Kapitel gewidmet.

Schließlich folgt die Beschreibung des Fluges, angefangen von der Aufstellung und Vorbereitung des Programms, der Ausbildung der Kosmonauten, bis hin zur Leitung des Unternehmens von der Bodenkontrollzentrale.

Das Flugzeugprogramm des Experiments Raduga und seine Notwendigkeit ist in einem weiteren Abschnitt dargestellt und die vorbereitenden Untersuchungen der Testflächen sind beschrieben. Ausführliche Informationen über die Bearbeitung der Fotomaterialien schließen sich diesem Teil an.

Wie wohl in keiner anderen bisher erschienenen Publikation werden die ersten Ergebnisse der Bildauswertung vorge stellt und interpretiert sowie die Methoden dazu ausführlich erläutert. Das bezieht sich auf die geografische Territorialforschung und Kartographie, die Methoden und Ergebnisse der Lagerstättenerkundung auf geologischer Grundlage, die allgemeine geologische Erkundung sowie die Ergebnisse für die Land- und Forstwirtschaft. Dargestellt wird das an Beispielen des Gebietes des Unterlaufs des Vilyuy-Flusses (sibirisches Taigagebiet), des Balkal gebiets und der Gebirgsregion des Pamir-Alai. In der DDR beziehen sich die Beispiele auf die Ostseeküste sowie auf die Gegend um den „Süßen See“ (Flugzeugaufnahmen).

Schließlich kann der Leser den ganzen Flug von Sojus 22 an Hand des Flugtagbüchens und der Sternogramme der Funkgespräche zwischen der Besatzung und dem Flugleit zentrum sozusagen miterleben.

Der vom Verlag gut ausgestattete Band ist jedem zu empfehlen, vor allem den an der Raumfahrt Interessierten, die hier erstmals eingehend über die Erforschung der Erd ressourcen unter Verwendung der Kosmostechnik informiert werden.

KARL-HEINZ NEUMANN

Autorenkollektiv der Akademie der Wissenschaften der DDR und der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Akademie-Verlag, Berlin 1980, 283 S. mit 182 Abb., 9 Tabelle, Preis (DDR) 28,00 M.

Vorschau auf Heft 2/1981

Wir empfehlen zu lesen:

- Zum 200. Jahrestag der Uranus-Entdeckung
- Ergebnisse durch Raumsondenstarts im Planetensystem
- Grundlagen der Raumflug-Bahnmechanik
- Kosmos und Unendlichkeit – Das kosmologische Problem
- Lichtelektrische Photometrie für Amateure
- Selbstgebauten Fernrohre

... und in „Astronomie in der Schule“

- Astronomie und Gesellschaft – heute
- Zum 200. Jahrestag der Entdeckung ... Uranus
- Das Milchstraßensystem – Hypothesen über Ursprung und Entwicklung

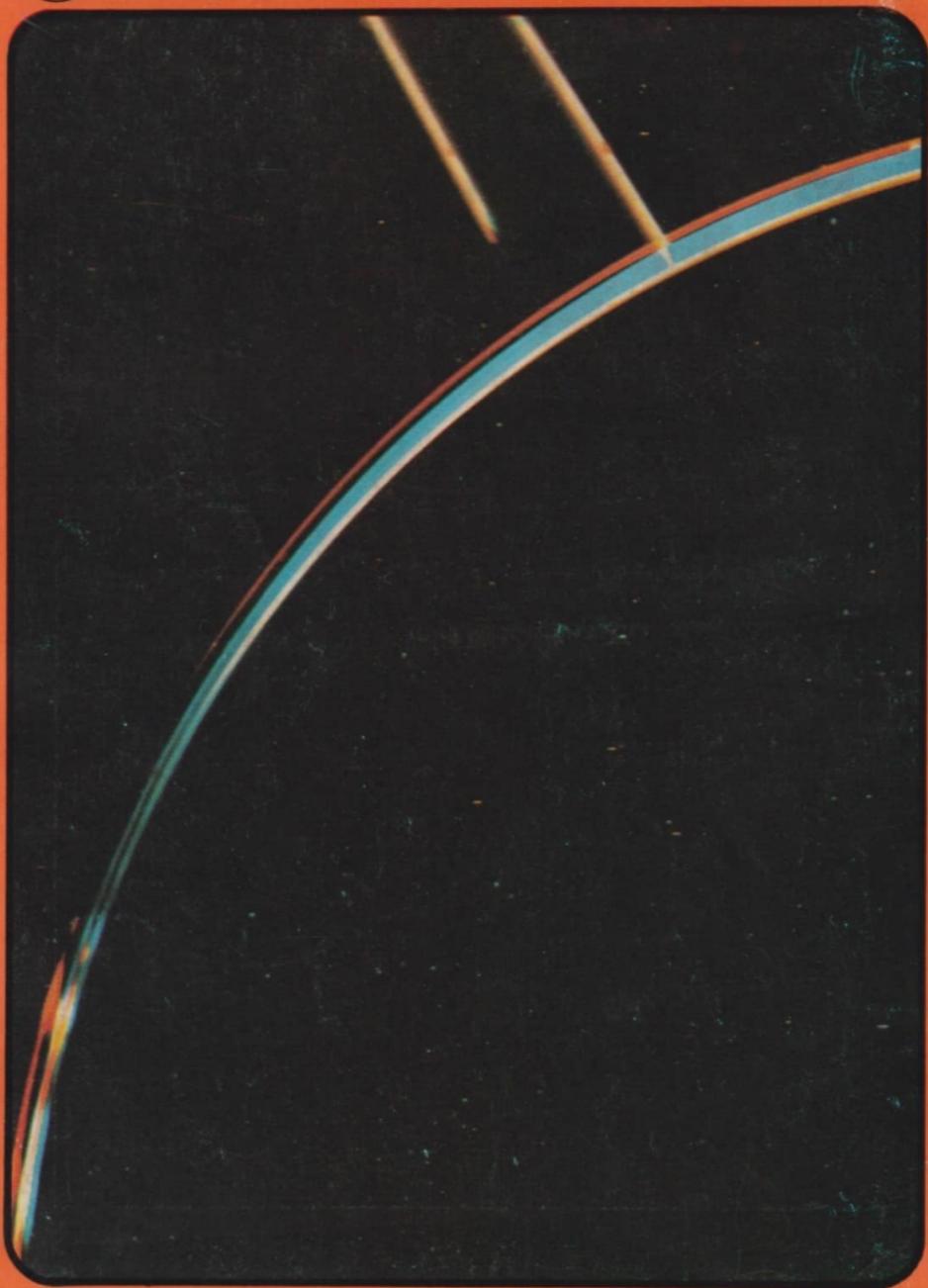
Heft 1/81 von AidSch enthielt:

- 20 Jahre benannte Raumfahrt (H. Hoffmann)
- Zu Aufgaben der Kosmosforschung (H.-J. Treder)
- Ermittlung der genäherten geographischen Koordinaten des Beobachtungsortes (Teil II) – (H. Busch)

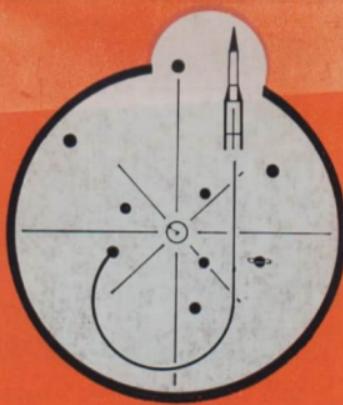
Unsere Autoren

- Dipl.-Phys. Manfred Woche, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium
 Hans-Dieter Naumann, 8142 Radeberg, Straße der Thälmann-Pioniere 19
 Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepnick, Heinestraße 90
 Ing. Erich Litzroth, 5080 Erfurt, Jenner Str. 69
 Dr. Alois Zelenka, CH-8092 Zürich, ETH-Zentrum, Institut für Astronomie
 Manfred Schröter, 7208 Regis-Breitingen,
 Straße der FDJ 44
 Hans-Jörg Mettig, 8020 Dresden, Tiergartenstraße 30 c
 Ing. Hans-Joachim Blasberg, 8024 Dresden,
 Tolkwitzer Str. 44
 Ing. Achim Grünberg, 8019 Dresden, Krenkelstr. 28
 Dipl.-Astr. Erich Bartl, 5320 Apolda, Volkssternwarte
 Dr. Jürgen Schulz, Gunter Freydank, Miklos Vlahosz,
 P. Große, F. Schubert, 5211 Kirchheim, Volkssternwarte
 Karlsruhe Müller, Johannes Richter, 9362 Drehbach,
 Volkssternwarte
 Rolf Friedmann, 7113 Markkleeberg-Ost,
 Lindenstraße 14 a
 Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel, 1500 Potsdam, Fichtestr. 5





Astronomie UND Raumfahrt

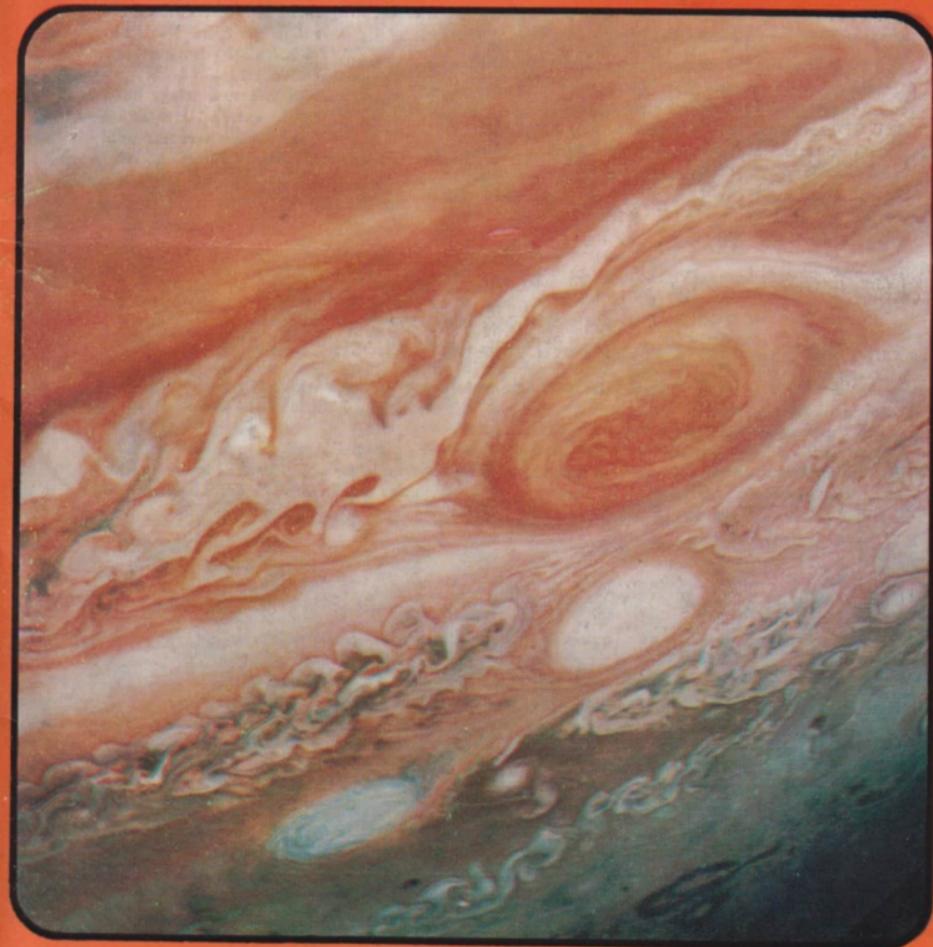


ISSN 0587-565 X

PZV 31052

EVP 1,50

1981 2



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Zum Beitrag S. 34: Mars heute

links: Der abgebildete Brocken (scherhaft „Big Joe“ genannt), etwa 8 m von der Kamera entfernt, hat einen Durchmesser von rund 2 m. Er könnte das Auswurfprodukt eines nahen Meteoritenkraters sein. Der Stein ist zwar von rotem Staub bedeckt, scheint aber aus dunkelgrauem Material zu bestehen. Sonnenhöhe: 21°.

rechts: Nachdem die Lebensnachweisexperimente keine eindeutig positiven Ergebnisse für das Oberflächenmaterial ergeben hatten, hoffte man, Organismen in geringer Tiefe zu finden, wo sie vor der abtötenden UV-Strahlung geschützt waren. Das Bild zeigt eine zu diesem Zweck unternommene 15 cm tiefe Schürfspur im Marsstaub.

– Sonnenhöhe: 64°. (Fotos: NASA SP-425).

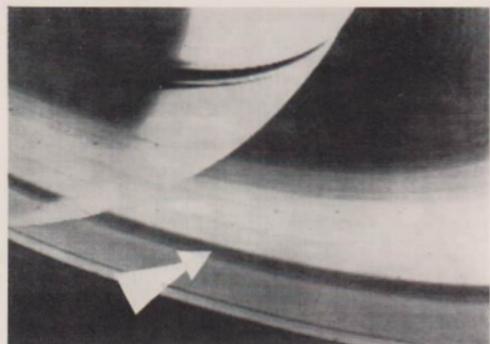
Zum Beitrag S. 51:

Das Ringsystem des Uranus, aufgenommen mit dem 5 m-Spiegel des Hale-Observatoriums im Licht des infraroten Bereichs. Die durch elektronische Verstärkung in Größe und Helligkeit hervorgehobenen Ringe haben nach neueren Untersuchungen Albedos von nur wenigen Prozent.

Zum Beitrag „Saturnpassage durch Voyager 1“ (S. 38):

(links) Am 12. Nov. 1980 passierte Voyager 1 den kraterübersäten Saturnmond Rhea. Die Aufnahme wurde aus 73 000 km Entfernung vom Mond gemacht. Die größten im Bildausschnitt sichtbaren Krater haben Durchmesser bis zu 75 km.

(rechts) Aus 1,5 Milliarden km Entfernung gelangte dieses Foto vom Ringplanet Saturn zur Erde. Neben der Phasengestalt fallen deutlich das Ringsystem mit den Lücken und der Ringschatten auf. Die Dichteverteilung in den Teilen des Ringsystems lässt sich aus der Extinktion des Planetenlichtes ableiten. (Fotos: ADN-ZB)



Astronomie und Raumfahrt

Herausgeber:

Kulturbund der DDR. Zentraler Fachausschuß Astronomie

Redaktion:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur); OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen Gasiecki; Ing. Achim Grünberg; Dipl.-Phys. Jürgen Hamel; Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur Hockauf; Karl-Heinz Neumann; Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel; Dipl.-Phys. Manfred Woche; Arnold Zenkert; Bernd Zill.

Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Straße der Jugend 8, Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1981 mit 6 Heften. Bezugspreis im Abonnement, zweimonatlich (1 Heft) 1,50 M. B-zug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4. Veröffentlicht unter Lizenznummer 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 einzureichen. Für unverlangte Einsendungen wird keine Haftung übernommen. Die Redaktion behält sich vor, Beiträge zu kürzen bzw. zu bestreichen.

Der **Nachdruck** der in Astronomie und Raumfahrt veröffentlichten Beiträge ist nur mit Zustimmung der Redaktion gestattet.

Satz und Druck:

IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

INHALT

19. Jahrgang (1981) Heft 2

Johann Dorschner: Mars heute	34
Karl-Heinz Neumann: Saturnpassage durch Voyager 1	38
G. Herrns: Einige Grundlagen der Raumflug-Bahnmechanik (I)	42
C. Renschen: Lichtelektrische Photometrie für Amateure (1)	46
J. Hamel: Planetenentdeckung vor 200 Jahren – Uranus	51
F. Gehlhar: Kosmologie und Philosophie	57

Kurzberichte

Drebach lädt wieder ein	61
Vorläufige Sonnenfleckenzählungen Nov./Dez. 1980	61

Eine Sternstunde für unsere junge Generation (R. Friedmann) 62

Aus der Literatur	62
Berichtigung zu Heft 1/81	63
Buchbesprechung: Physik der Sterne	64
Vorschau	64

Redaktionsschluß: 20. 1. 1981

Bildseiten

Titelbild: Jupiteraufnahme durch Voyager 2 vom 3. Juli 1979. Das Bild gibt die Region um den Großen Roten Fleck in der Planetenatmosphäre auf der Südhalbkugel wieder. Die Aufnahme wurde aus einer Entfernung von 6 Millionen km gemacht. Der ovale weiße Fleck südlich des Großen Roten Flecks ist nicht derselbe, der zur Zeit der Voyager 1-Passage in ähnlicher Position beobachtet wurde.

4. Umschlag-Seite: Der Jupitermond Callisto, fotografiert von Voyager 1 am 6. März 1979 aus etwa 350 000 km Entfernung ist nur wenig kleiner als Ganymed (beide Monde ungefähr von der Größe des Merkur). Die Kruste des Mondes besteht offenbar aus einer Mischung von Eis und Gestein. Am Äquator Callistos herrschen Temperaturen von etwa 120 K (oder rund – 150 °C). Die Oberfläche ist ähnlich wie bei Merkur mit sehr vielen Kratern bedeckt. (Fotos: NASA)

Mars heute

Eine Zusammenfassung des Standes der Marsforschung nach dem Abschluß des Viking-Programms

JOHANN DORSCHNER

Einleitung

Seit der Erfindung des Fernrohrs ist der Mars der populärste Planet, und auch bei den Nichtastronomen ist das Interesse an der Marsforschung außerordentlich groß. Zahlreiche Entdeckungen haben immer wieder auf die große Ähnlichkeit dieses Planeten mit der Erde hingewiesen und faszinierende Fragen aufgeworfen. Heute sind wir in der glücklichen Lage, viele dieser Fragen eindeutig beantworten zu können. Einen hervorragenden Beitrag zur Erkundung des Mars hat das Viking-Programm in den Jahren von 1976 bis 1979 geleistet. Anhand seiner Ergebnisse, die inzwischen viele Zeitschriftenbände füllen, soll im folgenden der Versuch unternommen werden, ein zeitgemäßes Bild dieses Planeten zu zeichnen. Der Verfasser knüpft dabei an den Artikel „Von der Areographic zur Marsgeologie“ an, den er 1973 in dieser Zeitschrift publizierte, als durch die Kartierung des Mars durch die Sonde Mariner 9 erstmals eine geologische Einstufung der Marsoberfläche in ihrer Gesamtheit möglich wurde. Im vorliegenden Artikel werden neben der Beschaffenheit der Oberfläche des Planeten auch Fragen zu seinem inneren Aufbau, über die Beschaffenheit seines Gesteins, über seine Atmosphäre und schließlich die Frage nach dem Vorkommen von Leben auf dem Mars im Lichte der neuen Erkenntnisse diskutiert.

Gestalt und physikalische Eigenschaften des Mars

Masse, Radius und mittlere Dichte des Planeten Mars wurden durch die Messungen mit Hilfe von Planetensonden außerordentlich präzisiert. Die Masse des Planeten beträgt $6,421 \times 10^{23}$ kg. Die äußere Gestalt des Mars kann am besten durch ein dreiachsiges Ellipsoid mit den Halbachsen $a = 3399,2$ km, $b = 3394,1$ km und $c = 3376,7$ km angenähert werden. Daraus ergibt sich für die mittlere Dichte der Wert 3935 kg m^{-3} . Mit den genannten Werten für a , b und c besitzt der Mars eine geometrische Abplattung von 0,00586 $\approx 1/170$. Dieser Wert befindet sich in guter Übereinstimmung mit der dynamischen Abplattung, die aus den Trägheitsmomenten des Planeten bestimmt wird und den Wert 0,0052 hat. Damit ist der alte Widerspruch zwischen geometrischer und dynamischer Abplattung beseitigt.

Die durch Fernrohrmessungen bestimmte Marsfigur war einfach zu ungenau bekannt.

Mit Hilfe der Sender der Viking Landers konnte die siderische Rotationsdauer des Mars zu 24 h 37 min 22,663 s ermittelt werden. Die Rotationsachse des Planeten zeigt auf einen Punkt am Himmel mit den Koordinaten $\alpha = 317^\circ 3$ und $\delta = 52^\circ 7$ (1950,0).

Über das Magnetfeld des Mars herrscht noch beträchtliche Unsicherheit. Die einzigen Meßdaten, die bisher vorliegen, stammen von den Sonden Mars 2, 3 und 5. Die Flußdichte in 1100 km Höhe sollte danach etwa 30 nT betragen. Daraus ergibt sich ein magnetisches Moment des Mars von etwa $2 \times 10^{12} \text{ T m}^3$. Diese Daten sind jedoch noch Gegenstand wissenschaftlicher Kontroversen. Da die Sonden Mariner 9, Viking 1 und Viking 2 keine Magnetometer an Bord hatten, ließen sich die genannten Werte bisher noch nicht bestätigen.

Wenig konkrete Anhaltspunkte gibt es auch über den inneren Aufbau des Mars. Nach den Registrierungen des Seismometers vom Viking Lander 2 – des einzigen bisher in funktionsfähigem Zustand auf den Mars gelangten Seismometers – ist der Mars seismisch bedeutend weniger aktiv als die Erde. Den Hauptbeitrag für den registrierten seismischen Hintergrund lieferte die Windtätigkeit. Windböen sorgten auch beim Auftreffen auf den VL 2 für das Zustandekommen einzelner „seismischer“ Ereignisse. Bei zukünftigen Unternehmungen wird man die Seismometer unbedingt außerhalb der voluminösen Landeeinheit stationieren. Das einzige echte seismische Ereignis kann als Marsbeben der Stärke 3 interpretiert werden. Sein Herd wird in 110 km Abstand vom Lander 2 vermutet. Aus den beobachteten Reflexionen der seismischen Wellen dieses Ereignisses schloß man auf eine Krustendicke von 15 km in Utopia Planitia. Da die Wellen – anders als etwa im Falle des Mondes – innerhalb weniger Minuten gedämpft wurden, vermutet man flüchtige Komponenten im Boden.

Zur Berechnung von Modellen des inneren Aufbaus konnten beim Mars bisher lediglich folgende globale Daten herangezogen werden: mittlere Dichte des Planeten, Trägheitsmoment, Parameter des Schwerfeldes. Dazu kamen einige wenige lokale Informationen aus den topographischen Gegebenheiten. Aus der mittleren Dichte des Mars folgt, daß dieser Planet in seinem Innern wesentlich weniger Eisen als die Erde, die Venus oder der Merkur zur Verfügung haben muß. Aus dem größeren Sonnenabstand des Mars gegenüber den genannten Planeten schließt man auf einen größeren Gehalt an flüchtigen Komponenten. Der Kern des Mars enthält wahr-

scheinlich neben Eisen vor allem Schwefel in Form von FeS, das unter dem Mineralnamen Troilit als wichtiger Bestandteil der Meteorite bekannt ist. Je nach Modelltyp bewegt sich der Kernradius des Mars zwischen 1300 und 1800 km. Diese erhebliche Unsicherheit kann nur durch zukünftige seismologische Untersuchungen reduziert werden.

Ebenso unsicher wie die Kerngröße ist auch die *Krustendicke* des Planeten. Aus der enormen Tragfähigkeit der Marskruste bzw. der starren Lithosphäre (hohe Vulkanbauten!) folgt nämlich eine viel größere Dicke als der oben erwähnte Wert aus der Auswertung des einzigen registrierten größeren Marsbebens.

Die geologische Beschaffenheit der Marsoberfläche

Seit der ersten nahezu vollständigen Kartierung des Mars durch die Aufnahmen von Mariner 9 stehen den Geologen große Mengen von Informationen über die Oberfläche dieses Planeten zur Verfügung. Die Viking Orbiters haben sehr dazu beigetragen, durch gezielte satellitengeologische Untersuchungen für Klarheit im Detail zu sorgen. Inzwischen hat die Internationale Astronomische Union eine den geologischen Gegebenheiten auf dem Mars angepaßte Nomenklatur entwickelt, die die alte phänomenologische Bezeichnungsweise von Schiaparelli ablöst, jedoch viele Landschaftsbezeichnungen in modifizierter Form beibehält. Im folgenden benutzen wir diese neuen Bezeichnungen.

Die Marsoberfläche ist durch eine bemerkenswerte *Asymmetrie der Krustenbeschaffenheit* gekennzeichnet. Es läßt sich eine Hemisphäre relativ glatter, geologisch jüngerer Oberfläche definieren, die grob mit der Nordhalbkugel des Planeten übereinstimmt. Hier finden sich z. B. den Mondmaria morphologisch verwandte Ebenen vulkanischer Prägung, in denen sich jedoch in auffälligem Gegensatz zu den Maria des Erdtrabanten gewaltige Vulkanbauten befinden. Der größte Teil der südlichen Marshemisphäre zeigt dagegen die alte Marskruste mit ihren zahllosen Impaktkratern und ähnelt damit den Hochländern des Mondes. In diesen ausgedehnten Kraterrfeldern findet man auch riesige Impaktstrukturen vom Typ der Zirkularmaria des Mondes, z. B. das Hellas-Becken (Hellas Planitia; planitia, lat. Ebene, heißen die Flachländer des Mars) oder das Argyre-Becken (Argyre Planitia).

Die Marskruste weist zahlreiche *Brüche und Verwerfungen* auf und läßt damit viel mehr dynamische Aktivität erkennen als beispielsweise die Kruste des Mondes. So findet man über 1000 km lange, fast geradlinig verlaufende Spalten bzw. Grabenbrüche auf dem Mars, z. B. die Memnonia

Fossae oder die Sirenum Fossae (fossa, lat. Graben, Furche). Weder diese linearen Strukturen noch die zahlreichen Erosionstäler haben allerdings etwas mit den berühmten „Marskanälen“ zu tun, bei denen es sich eindeutig um eine Illusion handelte, denen also keine linearen topographischen Strukturen zu Grunde lagen.

Zu den Besonderheiten auf dem Mars zählt ein gewaltiges *System von Tälern*, das sich auf der areographischen Breite von ungefähr -10° über 4000 km lang in ost-westlicher Richtung hinzieht. Es erhielt den Namen Valles Marineris (Mariner-Täler, nach der Sonde Mariner 9, deren Kameras diese imposante Bildung entdeckten; valles, lat. Täler Singular vallis). Dieses Grabensystem, das sich bis zu einer Tiefe von 7 km in die Marskruste einschneidet, ist zweifellos tektonisch angelegt. Es kann mit den großen Grabenbrüchen auf der Erde verglichen werden, z. B. dem ostafrikanischen Grabenbruch einschließlich seiner Fortsetzung im Roten Meer und im Jordangraben. Morphologisch tragen die Täler zahlreiche Kennzeichen irdischer Cañons (z. B. des Grand Canyon in Arizona), d. h., der ursprüngliche Grabenbruch wurde stark durch Erosion und Sedimentation überformt. In die kilometerhohen Steilwände der Valles Marineris schneiden sich tiefe Erosionstäler ein, gewaltige Rutschmassen haben sich gelöst und sind als Sedimente in den Tälern zu finden.

Möglicherweise kann das Aufreißen dieses gewaltigen Grabens als der Beginn *globaltektonischer Aktivitäten* auf dem Mars verstanden werden (Auseinanderrücken von Platten, Bildung eines Ozeans). Anders als bei der Erde scheint aber diese beginnende Plattenbildung und -drift sehr schnell wieder zum Stillstand gekommen zu sein, weil die Lithosphäre zu schnell erstarrte. Wenn diese Überlegungen richtig sind, dann repräsentieren die Valles Marineris das „eingefrorene“ embryonale Stadium der Bildung eines Marsozeans (im tektonischen Sinne). Als weitere Anzeichen einer in den Anfängen steckengebliebenen Globaltektonik wurden auch die längs einer Geraden aufgereihten Riesenschildvulkane auf dem Tharsis-Höhenrücken (Tharsis Montes; mons, lat. Berg, Plural montes) interpretiert.

Geologisch besonders interessant sind die zahlreichen großen *Vulkane* auf dem Mars. Sie sind durchweg vom Typ der Schildvulkane und erreichen gigantische Dimensionen. Der Schild des größten von ihnen, Olympus Mons, besitzt beispielsweise einen Durchmesser von 550 km. Sie erreichen Höhen von bis zu 27 km über dem mittleren Marsniveau. Ihre Calderen (durch Kollaps entstandene Becken in der „Gipfelregion“) haben Durchmesser bis zu 100 km und lassen z. T. zahlreiche Eruptionsperioden erkennen.

Unter diesen großen Vulkanen gibt es mehrere Generationen. Olympus Mons und die Tharsis Montes gehören einer jüngeren Generation an. Die geringe Zahl der Impaktkrater auf ihnen zeigt, daß sie kaum älter als 2 Mrd. Jahre sein können. Neben diesen „frisch“ aussehenden Marsvulkanen gibt es jedoch auch solche, die durch tektonische Prozesse und durch Erosion viel stärker zerstört sind und zahlreiche Einschlagskrater aufweisen. Diese Gebilde, die nach der neuen Nomenklatur häufig mit „patera“ (lat. Schale) bezeichnet werden, z. B. Alba Patera, Apollinaris Patera, Tyrrhenum Patera, sind offensichtlich wesentlich älter. Eine genaue Datierung wird jedoch erst möglich werden, wenn man am Gestein dieser Vulkane eine Altersbestimmung vornehmen kann.

Zahlreich sind die Anzeichen für die *Erosionswirkung* von Wasser und Wind auf dem Mars. So findet man zahlreiche breite Stromtäler und mit irdischen Flußbetten vergleichbare Bildungen. Die breiten Ströme entstanden allem Anschein nach durch das Aufschmelzen von Eismassen im Marsboden. Die Ursache dafür kann in lokalen Erwärmungen (z. B. im Zusammenhang mit vulkanischer Aktivität), aber auch im Rahmen globaler Klimaschwankungen gesucht werden. Auch wenn manche Marsflüsse, z. B. durch die Ausbildung von Mäandern, morphologisch sehr den irdischen Flußläufen ähneln, so unterscheiden sich doch die „Quellgebiete“ fundamental voneinander. Die Stromtäler des Mars entspringen oft in Depressionen, die offensichtlich durch ein Kollabieren der Landschaft entstanden, nachdem die unterirdischen Eisvorräte herausgeschmolzen waren. Dieses von den Strömen geförderte Schmelzwasser ergoß sich in die Tiefländer des Mars und hinterließ hier deutliche Überschwemmungsspuren. So findet man z. B. im Mündungsgebiet des breiten Stromes Ares Vallis im Südosten der Chryse Planitia stromlinienförmige Inseln. Bei manchen Flusssystemen, z. B. den Vedra Valles, scheint Regenwasser im Spiel gewesen zu sein, denn sie zeigen ein weit verzweigtes Netz von Nebenflüssen. Alle Marsflüsse scheinen aber nur relativ kurze Zeit in Betrieb gewesen zu sein; Anzeichen für die Existenz von Marsmeeren oder -ozeanen gibt es nicht. Neben diesen Erosionstälern gibt es auf dem Mars aber auch die mit den Sinusruinen des Mondes verwandten Lavastromtäler, die vulkanischen Ursprungs sind.

Unklarheit herrscht darüber, wieviel Eis heute noch im Marsboden gespeichert ist. Spuren davon haben sich in den Analysen des Bodens durch die Viking Landers gefunden. Sicher ist auch, daß die Zentralgebiete der Polkappen, vor allem der nördlichen, aus H_2O -Schnee bestehen. Der

Untergrund läßt in den Polargebieten Anzeichen früherer Vergletscherung erkennen. Auch bei der Bildung der Sedimentschichten, die in den Polargebieten des Mars gefunden wurden, scheint Eis eine Rolle gespielt zu haben.

Marsboden und -gestein

Die nach den Aufnahmen der Viking Landers hergestellten Farbbilder zeigen eine orange- bis gelbbraune Wüstenlandschaft. Der feinkörnige Boden ist mit zahlreichen, z. T. auffallend kantigen Steinen unterschiedlicher Größe bedeckt. An einigen Stellen wird das anstehende Gestein des Untergrundes sichtbar. Die Farbe der Marslandschaft scheint nur auf einen dünnen Überzug zurückzugehen, denn manche Steine lassen deutlich eine dunkelgraue oder sogar eine dunkelgrüne Färbung erkennen. Besonders deutlich zeigt das der etwa 8 m vom Viking Lander 1 entfernte Felsblock von der Größe eines Trabant, der auf seiner Oberseite mit rostfarbenem Staub bedeckt ist. (Vgl. Abb., 2, U. S.)

Die in den Landgebiets herumliegenden Steine sind eindeutig magmatischen Ursprungs. Am Landeort in der Utopia Planitia weisen viele von ihnen blasenartige Vertiefungen auf. Offensichtlich entstand dieses Gestein durch schnelles Erkalten gasreicher Lava. Obwohl die Details noch völlig unklar sind, kann man soviel über den Marsboden und die Steine sagen, daß sie durch mechanische und chemische Zerstörung einer Schicht vulkanischen Gesteins zustandegekommen sein müssen.

Das feine Bodenmaterial zeigt stellenweise großes Kohäsionsvermögen und kann hart verkrustet sein. Auf den Lee-Seiten der Steine befinden sich regelmäßig Ablagerungen verwehten Staubes. Größere Wehen (Dezimeter- bis Metergröße) lassen Schichten erkennen. Das pyramidenförmige Aussehen vieler Steine wird als Windschliff erklärt (Windkanter).

Bei dem „Farbstoff“, der den Mars zum roten Planeten macht, handelt es sich mit Sicherheit um Eisenverbindungen. Die Untersuchung des spektralen Reflexionsvermögens des Marsbodens hat eine für Verwitterungsprodukte, die reich an Fe^{3+} sind, typische breite Bande bei $0,93 \mu\text{m}$ zutage gefördert. Auf die Existenz von Eisenmineralen im Marsboden weisen auch die Magnetexperimente hin. Dabei zeigte sich, daß 1 bis 7 % des feinen Bodenmaterials und des Aerosols magnetisch sind. Da bei den offensichtlich stark oxydierenden Bedingungen an der Marsoberfläche nur dreiwertiges Eisen erwartet werden darf und der genannte spektrale Befund auch ausdrücklich auf Fe^{3+} hinweist, kommen nur solche magnetische Eisenverbindungen in Frage, die dreiwertiges Eisen enthalten. Vorgeschlagen

wurden γ -Fe₂O₃ (Maghaemit) und in jüngster Zeit δ -FeOOH.

Mit den Röntgenfluoreszenz-Spektrometern der Viking-Sonden wurden folgende Elementenhäufigkeiten (Massenprozent) im feinen Bodenmaterial nachgewiesen:

Element	VL 1 (Chryse Planitia)	VL 2 (Utopia Planitia)
Mg	5,0 ± 2,5	
Al	3,0 ± 0,9	
Si	20,9 ± 2,5	20,0
S	3,1 ± 0,5	2,6
Cl	0,7 ± 0,3	0,6
K	0,25	0,25
Ca	4,0 ± 0,8	3,6
Ti	0,51 ± 0,2	0,61
Fe	12,7 ± 2,0	14,2

Obwohl die beiden Landeorte 6500 km voneinander entfernt sind, stimmt die Bodenzusammensetzung sehr gut überein.

Nach diesen Daten kann man erwarten, daß der Marsboden hauptsächlich Silikatminerale (SiO₄-Anteil ungefähr 45 ± 5 Massenprozent) mit einem hohen Eisengehalt aufweist (Fe₂O₃-Äquivalent ungefähr 19 ± 3 %). Man denkt dabei in erster Linie an Tonminerale wie Nontronit, Montmorillonit und Saponit. Unerwartet hoch ist der Schwefelanteil (100 mal höher als in der Erdkruste!), der wahrscheinlich auf eine Sulfatkomponente zurückgeht. Vorgeschlagen wurde das Magnesiumsulfat Kieserit. Computermodelle der möglichen mineralogischen Beschaffenheit des Marsbodens ergeben folgendes Bild: Die feine Fraktion des Marsbodens besteht zu etwa 80 % aus Tonmineralen und enthält weiterhin etwa 10 % Kieserit, 5 % Kalzit (CaCO₃) sowie knapp 5 % Eisenoxid- bzw. -hydroxidminerale. Insgesamt sind diese Vorstellungen natürlich noch sehr unsicher. Auf jeden Fall kann man sich den *Marsboden als Verwitterungsprodukt basaltischer Eruptivgesteine* vorstellen.

Marsatmosphäre, Wetter und Klima

Für die untere Marsatmosphäre lieferten die Analysen der Viking-Lander folgende Zusammensetzung:

CO ₂	95,32 Vol.-%	Ne*	2,5 ppm
N ₂ *	2,7 Vol.-%	Kr*	0,3 ppm
Ar*	1,6 Vol.-%	Xe	0,08 ppm
O ₂	0,13 Vol.-%	O ₃	0,03 ppm
CO	0,07 Vol.-%		
H ₂ O	0,03 Vol.-% (variabel)		

Die mit * markierten Komponenten wurden überhaupt erst durch das Viking-Programm entdeckt.

Interessant ist der Vergleich verschiedener Isotopenverhältnisse auf dem Mars mit denen in der Erdatmosphäre:

Verhältnis	Erde	Mars
¹³ C/ ¹² C	89	90
¹⁸ O/ ¹⁶ O	499	500
¹⁵ N/ ¹⁴ N	277	165
⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar	392	3000
¹³⁰ Xe/ ¹³² Xe	0,97	2,5

Die starke Abweichung des Argon-Isotopenverhältnisses scheint anzudeuten, daß das Marsinnere weniger stark ent gast ist als das Innere der Erde. Die heutige Marsatmosphäre repräsentiert auf jeden Fall nur einen winzigen Bruchteil des Gasvorrates, den der Planet im Laufe seiner Entwicklung freigesetzt hat. Es ist sehr wohl möglich, daß es früher Zeiten gegeben hat, in denen der Bodendruck der Atmosphäre 100 Millibar überstieg, so daß die geologischen Befunde über das Vorkommen von fließendem Wasser nicht mehr verwunderlich sind. Auch heute noch können relativ große Mengen flüchtiger Komponenten (z. B. H₂O) im Boden gespeichert sein, die bei einer Erwärmung des Planeten für eine dichtere Atmosphäre sorgen würden.

In der Marsatmosphäre wurden *Wolken* beobachtet, die eindeutig aus H₂O bestehen. Über großen Flächen wurden dünne Wolken und Dunstschleier gesichtet, in denen H₂O, CO₂ und auch Staubteilchen vorkommen. Auf Aufnahmen der Viking Orbiters fand man häufig Gebiete, die am Morgen Aufhellungen aufweisen, die entweder auf Reifbedeckung oder auf Nebelbildung zurückgehen.

Die aus der Infrarot-Kartierung abgeleiteten Temperaturen des Marsbodens lagen zwischen -143 °C und +17 °C. Die Sommertemperaturen am Nordpol überschreiten die Sublimations temperatur des CO₂, so daß die weiße Restkappe nur aus H₂O-Schnee bestehen kann. Diese Deutung wird auch durch die auffallend hohe Wasserdampfhäufigkeit über dem Nordpolargebiet im Marssommer unterstrichen. Über dem Mars südpol bleibt der Wasserdampfgehalt im Sommer dagegen relativ niedrig.

Am Ort der *Viking-Wetterstationen* (1,6 m über dem Boden) schwankten die Temperaturen zwischen -30 °C (etwa um 15 Uhr Ortszeit) und -90 °C (etwa um 6 Uhr Ortszeit). Im Durchschnitt betrug die Windgeschwindigkeit an den Landeorten 16 km/h und erreichte Spitzen von 64 km/h. Während des Winters änderte sich die Windgeschwindigkeit kaum. Die täglichen Temperaturschwankungen gingen im Winter auf etwa 9 °C zurück (gegenüber 60 °C im Sommer!). Das Windmuster wird wahrscheinlich im Rahmen der globalen Zirkulation erzeugt und nur geringfügig durch die Landschaft modifiziert. Während die tägliche Druckschwankung nur 0,2 Millibar erreichte, zeigten sich starke jahres-

zeitliche Druckvariationen um etwa 30 %. Diese Schwankungen im Bereich von 7 bis 11 Millibar in den beiden Landegebieten gehen auf die Veränderungen der Gasmasse der Atmosphäre infolge des Wachstums und Schwindens der Polkappen zurück. Auch der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre unterlag starken jahreszeitlichen Schwankungen. Mit dem Einsetzen eines starken Staubsturmes sank er schlagartig, was wahrscheinlich auf die Absorption durch die Staubteilchen zurückgeht.

Organisches Material und Lebensnachweis-experimente

Trotz großer Empfindlichkeit der Analysengeräte der Viking-Sonden (Gaschromatograph + Massenspektrometer) gelang es nicht, organische Moleküle im Marsboden nachzuweisen. Es gibt also offensichtlich keine Prozesse (z. B. biologische), die organische Substanz im Boden anreichern. Die durch die Meteorite ständig auf den Mars gelangenden organischen Kohlenstoffverbindungen werden allem Anschein nach sehr schnell durch Oxydation abgebaut. Auf das extreme Oxydationsvermögen des Marsbodens stieß man durch die widersprüchlichen Ergebnisse, die die Lebensnachweisexperimente, mit denen man Mikroorganismen im Marsboden suchen wollte, lieferten. Unter der Einwirkung der UV-Strahlung der Sonne wurde der Marsboden hochgradig oxydiert und ist offensichtlich chemischer Reaktionen fähig, an die man bei der Konzeption der Lebensnachweisexperimente nicht gedacht hatte. Inzwischen ist aber klar geworden, daß es sich bei der festgestellten Aktivität des Bodenmaterials um chemische und nicht um biologische Prozesse handelte. Im Marsboden der beiden Landegebiete gibt es keine Mikroorganismen, die Stoffwechselprozesse analog den irdischen durchführen. Diese Feststellung besagt natürlich noch nicht, daß es auf dem Mars kein Leben gab oder gibt. In der zukünftigen Marsforschung wird man dieser Frage noch sehr viel Aufmerksamkeit widmen müssen, bevor die zwangsläufig bei der weiteren Erforschung von der Erde aus eingeschleppten Mikroorganismen die Chance zunichte machen, diese Frage überhaupt definitiv beantworten zu können.

Anmerkung der Redaktion:

Zu den Teilausschnitten „Die geologische Beschaffenheit der Marsoberfläche“ und „Marsboden und -gestein“ veröffentlichten wir bereits in früheren Jahrgängen umfangreiches Bildmaterial, auf das wir verweisen: Heft 3, 4 und 6/1972 (15 Abb.); Heft 1, 2/1973 (20 Abb.); Heft 4/1977 (7 Abb.); Heft 6/1979 (2 Abb.).

Nachbestellungen dieser Hefte (per Nachnahme) sind zu richten an: Kulturbund der DDR, Bundessekretariat, 1040 Berlin, Hessische Str. 11—12.

Saturnpassage durch Voyager 1

Erste Ergebnisse

KARL-HEINZ NEUMANN

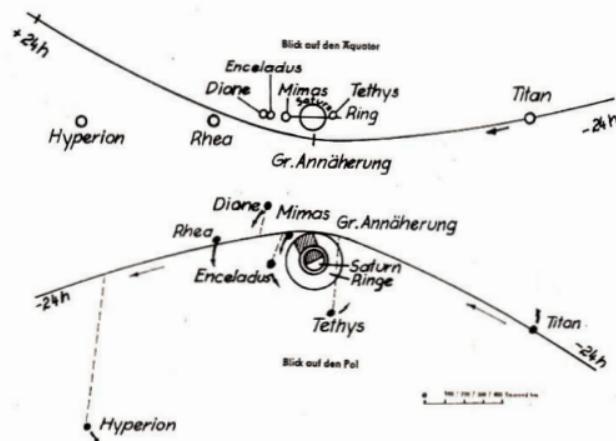
Die amerikanische Raumsonde Voyager 1, am 15. 9. 1977 gestartet und am 5. 3. 1979 in einem Abstand von 278 000 km Jupiter passierend, erreichte nach einer Flugstrecke von rund $2,1 \times 10^9$ km in den Tagen um den 12. 11. 1980 den Raum des Planeten Saturn, nachdem sie durch die Gravitation des Jupiter beschleunigt und abgelenkt worden war (Abb. 1). Die größte Annäherung an Saturn erfolgte am 12. 11. 1980 um 23.46 Uhr WZ mit 124 240 km Abstand von der Wolkenergengrenze. (Alle folgenden Zeitangaben in WZ.)

Zuerst passierte die Sonde am 12. 11. 1980 um 4.19 Uhr den größten Saturnmond, Titan, in einem Abstand von nur 4520 km. Danach, um 22.16 Uhr näherte sich die Sonde dem Mond Tethys bis auf 415320 km. Nach der Planetenpassage erfolgten weitere Mondvorbeiflüge: Mimas am 13. 11. 1980 um 1.42 Uhr, geringster Abstand (vor dem Eintauchen des Mondes in den Saturnschatten) 108330 km; Dione am gleichen Tage um 3.39 Uhr in 161 131 km und Rhea um 6.21 Uhr in 72400 km Entfernung. Die Abstände zu den beiden Monden Hyperion (879 180 km) und Japetus (2460 000 km) waren zu groß, um mit den Fernsehkameras Details der Oberfläche abzubilden. Die angegebenen Zeitwerte sind Realzeiten, die Bilder und Meßwerte konnten jeweils erst 85 Minuten später aufgezeichnet werden (Abstand des Saturn rund $1,2 \cdot 10^9$ km).

Das UV-Polarimeter von Voyager 1 war nicht mehr funktionstüchtig, alle anderen Instrumente arbeiteten bei der Saturnpassage einwandfrei.

Die beiden TV-Kameras lieferten bereits seit dem 22. 8. 1980 Bilder des Planeten. Die Weitwinkelkamera hatte eine Brennweite von 20 cm und arbeitete mit verschiedenen Filtern im Wellenlängenbereich von 4000 bis 6200 Å. Die Telekamera hatte 150 cm Brennweite und arbeitete im gleichen Spektralbereich. Das „Filterrad“ der erstgenannten Kamera besitzt einen Klarsichtfilter, je eines im blauen, grünen und orangefarbigen Bereich des Spektrums, ein Filter mit sieben Å Durchlaßbreite für die gelben Natriumlinien sowie zwei Filter mit 100 Å Durchlaßbreite für die Wellenlängen der Metanabsorptionsbanden. Das Filterrad der Telekamera besitzt zwei Klarsichtfilter, zwei Grünfilter und je einen im violetten, blauen, orangenen und ultravioletten Bereich. Das Auflösungsvermögen der

Abb. 1: Flugverlauf der Sonde Voyager 1 im Raum des Planeten Saturn.



Telekamera betrug bei der größten Annäherung an den Saturn 5km und bezüglich des Rings 1km.

In größerem Abstand von Saturn wurden vor allem mit der Telekamera Bildserien gewonnen, die zu einem Film zusammengestellt die Wolkenbewegungen erkennen lassen.

Während des Fluges von Voyager 1 erfolgten insgesamt acht Bahnkorrekturen, die letzte am 10. 10. 1980.

Die Planeten – „Oberfläche“

Die Bilder, die während der Annäherung an den Saturn übertragen worden sind, zeigen, daß die Strukturen der Wolkenoberfläche bedeutend vielfältiger sind, als sie mit irdischen Teleskopen erfaßt werden können und auch farblich bedeutend mehr Nuancen enthalten. Wirbelsturmartige Turbulenzen mit Windgeschwindigkeiten bis zu 1300 km/h ließen sich erkennen. Einzelne Flecke und Höfe sind in den Wolkenstrukturen zu sehen. Ein ovaler roter Fleck, ähnlich dem des GRF in der Jupiterwolkenschicht, allerdings mit nur 12 000 km Längsausdehnung, war auf den Bildern zu sehen. In ihm herrschten starke Turbulenzen.

Mit der Annäherung an den Zielplaneten stieg das Auflösungsvermögen nicht an, sondern die Details wurden immer „verwaschen“. Hervorgerufen wird das durch eine etwa 50 km dicke Dunstschicht, die über den Wolken lagert. Einen Wasserstoffhalo, welcher sich noch über die Bahn des Mondes Rhea erstreckt, wiesen die Meßinstrumente von Voyager 1 nach.

Das Ringsystem des Saturn

Die größten Überraschungen bot das Ringsystem. Beim Anflug zeigten die Bilder bereits, daß der Ring nicht wie bisher angenommen (auch noch nach der Pioneer 11-Passage) aus sechs sondern aus mindestens etwa 90 einzelnen Ringen besteht. Nach der Passage ließ sich ermitteln, daß etwa 1000 Einz尔inge existieren. Sie zeigen verschiedene Helligkeitsstufen und sind durch schmale dunkle Zonen voneinander abgegrenzt. Der bekannte amerikanische Astrobiologe, Prof. Dr. Sagan, äußerte, nachdem er die Detailbilder des Saturnringsystems gesehen hatte, wörtlich folgendes: „Es ist nicht so, daß die geltenden physikalischen Gesetze hier nicht ausreichen, sondern die menschlichen Gehirne sind noch nicht klug genug, eine Erklärung zu finden!“. Das bedeutet, daß die eigenartige Struktur des Saturnringsystems noch der Klärung harrt.

In der Cassini-Teilung wurden mehrere dünne Ringe entdeckt. Exzentrische umlaufende Ringe konnten noch außerhalb des bis dato bekannten Ringsystems gefunden werden. Sie sehen aus, als wären es drei verdrillte Fäden.

In den Ringen selbst zeigten sich helle „Knoten“, sie traten vor allem verstärkt in dem Bereich des Ringsystems auf, welches gerade den Planetenschatten verlassen hat. Nach der ersten vorläufigen Auswertung hat es den Anschein, daß diese hellen Verdickungen des Ringes sich schneller bewegen als die umgebende Ringmaterie. Die Wissenschaftler schließen nicht aus, daß diese „Bewegung“ im Ring durch Rotations- oder Beleuchtungseffekte vorgetäuscht wird. Gefunden wurden in den Ringen selbst kleinere dunkle

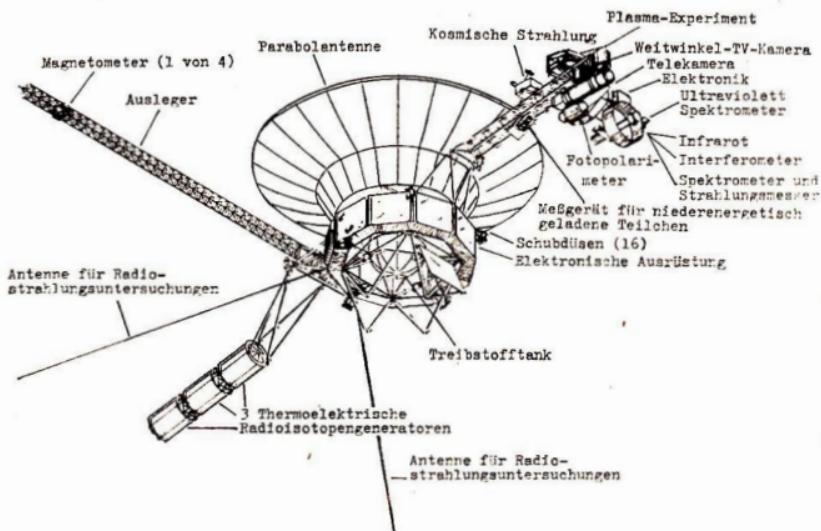


Abb. 2: Instrumentierung der Sonde Voyager 1.

Gebiete, die wie Löcher aussehen. Die Fernsehbilder zeigen auch, daß die Dicke des Saturnringes bedeutend geringer ist als bisher angenommen. Sie liegt in der Größenordnung von 1,5 bis 3 km. Auch bezüglich der Größe der Teilchen, die den Ring bilden, gibt es Zweifel an den bisherigen Annahmen, die von Staubkorngröße bis zu Brocken von einigen zehn Metern Durchmesser reichen. Die Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, daß die Teilchen des Ringes Dimensionen zwischen 30 und 90 cm haben.

Die Monde des Saturn

Eines der Hauptziele des Unternehmens Voyager 1 war die Untersuchung des großen Saturnmondes Titan, den die Sonde auch als ersten passierte. Zahlreiche Wissenschaftler hatten damit gerechnet, daß bei ihm durch seine Atmosphäre ein Treibhauseffekt auftritt und damit auf der Oberfläche Bedingungen herrschen, die für die Entwicklung von Lebensfernen günstig wären. Bestärkt wurde diese Vorstellung noch durch die Annahme, daß die Atmosphäre dieses Riesenmondes vor allem aus Methan besteht. Schon viele Tage vor dem Vorbeiflug der Sonde zeigten die Bilder, daß um diesen Mond ein feiner Schleier existiert. Inzwischen ist bekannt, daß es sich um eine Dunstschicht, die bis in etwa 100 km Höhe reicht, handelt. Sie ist zwar lichtdurchlässig, ließ aber keine Oberflächendetails

dieses Mondes erkennen. Die Oberfläche erschien in den Bildern orangefarben bis rosarot, lediglich die Pole waren dunkler getönt. Möglicherweise strömen hier energiereiche Partikel in die Atmosphäre ein und erzeugen diesen Effekt. Insgesamt erscheinen die Nordhalbkugel dunkler als die Südhalbkugel.

Die größte Überraschung ergab die Analyse der Atmosphäre. Sie besteht, wie jetzt nachgewiesen, zu 99 % aus Stickstoff. Methan und andere

Die Saturnmonde

Mond	Mittlerer Abstand vom Saturnmittelpunkt (km)	Umlaufzeit d h min	Durchmesser (km)
S-15	75 600	14 20	100
S-14	78 000		300
Ring „F“			
S-13	80 700		300
S-10	90 600	16 38	200
S-11	90 600	16 38 175 × 70*	
Atlas	185 400		350
Enceladus	238 200		520
Tethys	294 600		1020
Dione	377 400		1100
S-12	377 400	2 17 42	80
Rhea	526 800		1500
Titan	1200 000		5100
Hyperion	1482 000		440
Japetus	3558 000		1600
Phoebe	12 960 000		80

* Form: Ellipsoid

* Bezeichnung auch „Dione B“, befindet sich in einem Librationspunkt von Dione.

Kohlenwasserstoffe, wie Propan, Äthylen, Äthan und Azetylen machen weniger als ein Prozent aus. Komplizierte organische Verbindungen, wie z. B. die angenommenen Wasserstoffyanide, fehlen vollkommen. Die Temperaturmessungen ergaben eine Oberflächentemperatur von -183°C . Die gesamte Oberfläche scheint von flüssigem Stickstoff bedeckt zu sein. Für die Entwicklung von Lebensformen scheidet Titan also aus.

Die Bilder von **Tethys**, der einen Durchmesser von 1020 km hat, zeigen einen riesigen Grabenbruch von 800 km Länge und etwa 50 km Breite auf der dem Saturn zugewandten Seite. Die andere Oberflächenhälfte ähnelt dem Erdmond mit Kratern und Hochländern.

Der Mond **Mimas** mit seinen 350 km Durchmesser besitzt einen, im Verhältnis zu seiner Größe, riesigen Krater von 130 km Durchmesser mit einem Zentralberg. Die andere Hälfte dieses Mondes ist von Kratern stark zerklüftet.

Grundsätzlich anders sieht der Mond **Enceladus** aus. Er besitzt keine Krater oder Brüche. Die Oberfläche scheint eingeebnet und mit Eis bedeckt zu sein. In ersten Vermutungen sprechen amerikanische Wissenschaftler davon, daß dieser Mond möglicherweise einen „Gravitationskollaps“ durchgemacht hat.

Helle und dunkle Flecke charakterisieren den Saturnmond **Dione**. Weiße Strukturen werden als Auswurfmateriel von Meteoritenaufschlägen gedeutet. Sie erstrecken sich in einigen Fällen rund um den Mond. Die sonstigen festgestellten Oberflächendetails sind wiederum Einschlags-

krater, die sich zum Teil überlagern; einige haben einen Zentralberg. Auch Mareflächen, wie auf dem Erdmond, sind vorhanden. Rillen, die ebenfalls vorkommen, sind mit Eis gefüllt.

Die Oberfläche von **Rhea** hat den stärksten Kraterreichtum. Sie sind bedeutend dichter gepackt, als bei unserem Erdmond und überlagern sich zum Teil. Eine Ähnlichkeit mit der Merkuoberfläche existiert. Strahlensysteme, die von einzelnen Kratern ausgehen, konnten auf den Bildern gefunden werden.

Als Besonderheit heißt sich bei **Japetus** (wegen des großen Abstandes zu Voyager 1) nur feststellen, daß eine Halbkugel etwa fünf bis sechsmal heller ist als die andere.

Die Oberflächenstrukturen und die Form der Monde **S-10** und **S-11** erinnern stark an die der Marsmonde Phobos und Deimos. S-10 war 1966 von der Erde aus entdeckt worden und S-11 wurde 1976 als Saturnmond erkannt. Obgleich ihre Bahnen nur annähernd bekannt waren, ist es erstaunlich, daß sie mit der Telekamera von Voyager 1, die ein Gesichtsfeld von nur etwa 0,5 Grad hat, erfaßt wurden.

Drei weitere Saturnmonde sind bei der Passage von Voyager 1 entdeckt worden. S-13 und S-14 wurden bei der Durchmusterung der aus größerer Entfernung gemachten Saturnbilder von einem Studenten, David Carlson, der im Jet Propulsion Laboratory sein Berufspraktikum absolvierte, gefunden. Interessant ist, daß S-13 am äußeren Rand des Ringsystems den Saturn umrundet, während S-14 sich am inneren Rand um den Planeten bewegt. Nach Meinung einiger

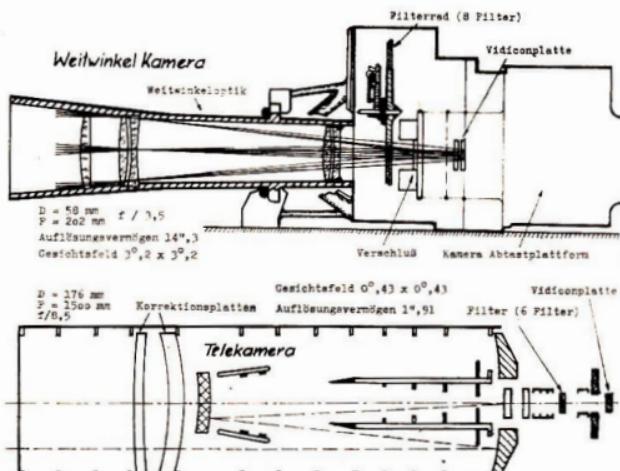


Abb. 3: Schemata der Weitwinkelkamera und der Telekamera von Voyager 1.

amerikanischer Wissenschaftler würden sie mit ihrer Gravitation den Ring „zusammenhalten“, also verhindern, daß aus den äußeren Ringpartien Teilchen entweichen und vom inneren Rand solche sich auf den Saturn zu bewegen.

Mond S-15 wurde bei der größeren Annäherung der Sonde gefunden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei der Auswertung des Bildmaterials noch andere kleinere Monde entdeckt werden.

Schlußbetrachtungen

Während die Schwestersonde Voyager 2, die im August 1981 den Saturn passieren wird, noch an den Planeten Uranus (1986) und Neptun (1989) vorbeifliegen soll, verläßt Voyager 1 unser Sonnensystem. Etwa 1990 wird Voyager 1 die Bahn des Pluto passiert haben und in den interstellaren Raum vordringen. Es besteht die Hoffnung, daß die thermoelektrischen Radioisotopengeneratoren dieser Sonde auch danach noch Strom liefern, so daß möglicherweise Informationen aus Gebieten eintreffen, in denen die Solarwindpartikel durch die anderen Sterne abgelöst werden. Die Chance allerdings, daß die hier mitgeführten „Informationen“ von der Erde auf goldplatierten „Schallplatten“ von extraterrestrischen intelligenten Wesen aufgefunden und entschlüsselt werden, ist doch recht zweifelhaft.

Literatur:
NASA, News Release Nr. 80-145; 80-159; 80-160. –
Time vom 24. 11. 80. - Newsweek vom 10. 11. 80.

Einige Grundlagen der Raumflug-Bahnmechanik (I)

G. HERMS

1. Bewegung im Gravitationsfeld einer Zentralmasse

1.1. Potentialbegriff

Der Raumflug unserer Tage ist antriebslose Bewegung im Gravitationsfeld. Die Antriebsphase nach dem Start, gelegentliche Korrekturmanöver und die aerodynamische Abbremsung im Falle der Rückkehr zur Erde nehmen nur Bruchteile eines Prozentes der Gesamtflugzeit in Anspruch. Das Gravitationsfeld, in dem sich der Raumflugkörper bewegt, kommt streng genommen durch die Wirkung aller Himmelskörper zu stande. Wir wollen jedoch zunächst einmal annehmen, der Raumflugkörper (Masse m) bewege sich im Felde eines einzigen Himmelskörpers der Masse M . Ist die Entfernung r zwischen m und M sehr groß gegen die größte Ausdehnung von M , so gilt

$$F_G = -G \frac{mM}{r^2} \quad (1)$$

für die Anziehungskraft, die m im Felde der Zentralmasse M erfährt (G = Gravitationskonstante).

Um den Abstand r zu vergrößern, ist eine Kraft F erforderlich, welche die Gravitationskraft aufhebt, d. h. $F = -F_G$. Wächst der Abstand r auf $r + dr$ an, so wird dabei die Hubarbeit

$$dW = F \cdot dr = \frac{GmM}{r^2} dr \quad (2)$$

geleistet. Die Arbeit, die erforderlich ist, um die Masse m von einem Anfangswert r_0 auf einen Endwert r zu schaffen, ergibt sich durch Integrieren der Gl. (2) und Einsetzen der Grenzen r_0 und r :

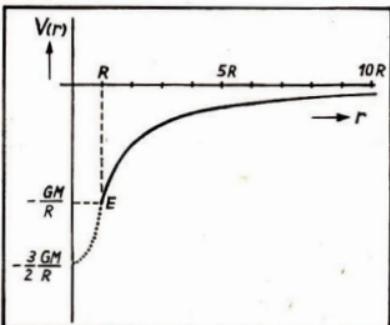
$$W = GmM \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) \quad (3)$$

Dabei ist das Ergebnis unabhängig davon, auf welchem Wege sich die Masse m von ihrer Ausgangsposition in ihre Endposition bewegt. Die geleistete Arbeit W findet sich wieder als Zuwachs ΔW_{pot} der potentiellen Energie von m . Diese habe im Abstand r_0 den Wert $W_{\text{pot}}(r_0)$. Demzufolge berechnet sich die potentielle Energie für r gemäß

$$W_{\text{pot}}(r) = W_{\text{pot}}(r_0) + \frac{GmM}{r_0} - \frac{GmM}{r} \\ = C - \frac{GmM}{r} \quad (4)$$

wobei C für die konstanten, nicht von r abhängigen Größen steht. Ihr Wert ist von der Wahl des Bezugsniveaus abhängig. Es ist zweckmäßig, zu vereinbaren, daß die potentielle Energie den Wert Null hat, wenn die Masse m unendlich weit

Abb. 1: Potential $V(r)$ einer homogenen Kugel vom Radius R .



von M entfernt ist. Mit $W_{\text{pot}}(r) = 0$ für $r \rightarrow \infty$ folgt aus Gl. (4), daß die Konstante $C = 0$ ist. Demnach wird die Abhängigkeit der potentiellen Energie der Masse m von r gegeben durch

$$W_{\text{pot}}(r) = -\frac{GmM}{r}. \quad (5)$$

Bewegt sich die Masse m am betrachteten Ort mit der Geschwindigkeit v , so ist ihre Gesamtenergie $W = W_{\text{kin}} + W_{\text{pot}}$ gegeben durch

$$W = \frac{m}{2}v^2 - \frac{GmM}{r}. \quad (6)$$

Das Verhältnis der potentiellen Energie zur Masse m des Körpers wird als Potential

$$V(r) = -\frac{GM}{r}. \quad (7)$$

bezeichnet. Der Vorteil dieser Größe besteht darin, daß bahnenmechanische Betrachtungen bei ihrer Verwendung von der Masse des Raumflugkörpers unabhängig werden. Man erkennt weiter, daß sich die Newtonsche Anziehungs kraft nach Gl. (1) darstellen läßt als Produkt der Masse m mit dem Differentialquotienten dV/dr , der ein Maß für die Steigung τ_a der Potentialkurve ist. In Abb. 1 ist eine solche Kurve dargestellt, wobei allerdings im Bereich kleiner Werte von r die Änderung des Verlaufs infolge der endlichen Ausdehnung des Zentralkörpers berücksichtigt wurde.

Für eine punktförmige Zentralmasse M würde sich für $r \rightarrow 0$ offensichtlich $V \rightarrow -\infty$ ergeben. Um den Potentialverlauf in der Nähe eines wirklichen Zentralkörpers oder sogar in seinem Innern zu ermitteln, lassen wir die eingangs gemachte Voraussetzung, r sei sehr groß gegen die Ausdehnung des Zentralkörpers, fallen, beschränken uns dabei aber auf kugelförmige homogene Körper. (Die Schichtung und Abplattung der Planeten sowie unregelmäßige Formen wie beim Mond Phobos lassen wir außer Betracht.) Unter dieser Voraussetzung ist das Gravitationsfeld auch in unmittelbarer Nähe des Körpers kugelsymmetrisch, da ja keine Richtung ausgezeichnet ist. Durch eine einfache Integrationsaufgabe läßt sich zeigen, daß das Feld, das eine homogene Kugel der Masse M um sich herum erzeugt, dasselbe ist wie das einer Punktmasse M am Ort des Kugelmittelpunktes. Läge die Masse M als eine Hohlkugel mit Radius R und dünner Wandstärke vor, dann würde sich die Wirkung ihrer Gravitation in jedem Punkt ihres Hohlraums aufheben, d. h., m wäre ohne Arbeitsleistung frei im Inneren verschiebbar. Die Potentialkurve müßte für $r < R$ durch eine von Punkt E (Abb. 1) ausgehende Parallele zur Abszissenachse ergänzt werden. Bei einer homogenen Vollkugel mit Radius R schließt sich dagegen an die Hyperbel des

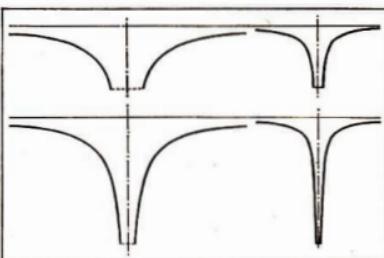


Abb. 2: Die untereinander gezeichneten Potentialtrichter werden von einer Zentralmasse gleicher Größe erzeugt; die Masse ist links 4mal größer als rechts. Die nebeneinander stehenden Trichter haben das gleiche Verhältnis M/R .

Außenraums für $r < R$ eine Parabel an. Ihr bei $r = 0$ liegendes Minimum hat den Wert $-3/2 GM/R$, wohingegen der Wert des Potentials an der Kugeloberfläche nach dem vorhin Gesagten $-GM/R$ beträgt. Da die Ableitung dV/dr bei der Parabel proportional r ist, wächst die Gravitationskraft im Innern vom Werte 0 linear mit r bis zu ihrem Wert an der Oberfläche.

1.2. Das Potentialtrichtermodell

Die antriebslose Bewegung des Raumflugkörpers m im Felde der Zentralmasse M erfolgt bekanntlich innerhalb einer raumfesten Ebene. Man kommt zu einer sehr anschaulichen und nützlichen Vorstellung, wenn man sich in der noch freien dritten Dimension (also senkrecht zur Bahnebene) die jeweiligen Werte des Potentials aufgetragen denkt. Die sich so ergebende Funktionsfläche hat die Form eines Trichters, entstanden durch die Rotation der in Abb. 1 dargestellten Potentialkurve um die Ordinatenachse. Nach den Ausführungen in Abschnitt 1.1. ist die Trichtermündung um so größer, je größer M ist. Die Tiefe des Trichters wird dagegen vom Verhältnis M/R bestimmt (Abb. 2).

Statt der Bewegung der Masse m im Gravitationsfeld der Masse M wird nun die Bewegung eines reibungsfrei gleitenden Massenpunktes oder einer rollenden Kugel im Trichter betrachtet. Das Wechselspiel zwischen kinetischer und potentieller Energie wird auf diese Weise unmittelbar klar. Blickt man von einem ausreichend weit entfernten Punkt des Symmetriechasses des Trichters auf die sich bewegende Kugel hinab, dann stimmen die scheinbaren Bahnen und Bewegungsformen mit denen einer Masse m im Gravitationsfeld überein.

In unserem Modellbild bedeutet Raumfahrt nichts anderes, als einer Kugel, die an der tief-

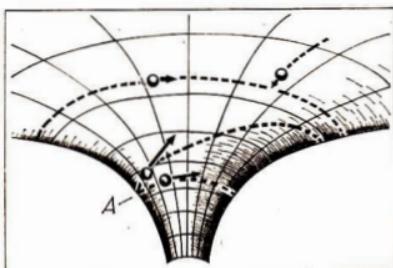


Abb. 3: Bewegung rollender Kugeln im Potentialtrichter.

sten, ihr überhaupt zugänglichen Stelle des Potentialtrichters liegt, in einem stoßartigen Vorgang soviel kinetische Energie zu erteilen, daß sie die Wandung des Trichters mehr oder weniger weit hinaufsteigen oder ihn sogar verlassen kann. So geschehen ist der Mensch ein Gefangener im Gravitationstrichter der Erde, von der Hangabtriebskraft an die tiefste zugängliche Stelle des Trichters, also an die Erdoberfläche mit dem Potential $-GM/R$, gefesselt.

In einem Abstand $r > R$, gewissermaßen an der Wandung des Trichters, kann sich eine Masse m nur halten, wenn sie sich mit der richtigen Geschwindigkeit auf der entsprechenden Kreisbahn bewegt (Abb. 3). Aus der Bedingung, daß sich Gravitationskraft und Fliehkraft aufheben müssen, also aus

$$\frac{GmM}{r^2} = \frac{m}{r} \cdot v_K^2$$

folgt

$$v_K = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (8)$$

für die richtige Größe der Kreisbahngeschwindigkeit. Sie nimmt für wachsende r mit der reziproken Wurzel aus r ab. Die größte Kreisbahngeschwindigkeit hätte die Masse m , wenn sie in der Höhe 0 über der Kugeloberfläche kreisen würde, nämlich die sogenannte „Nullkreisbahngeschwindigkeit“

$$v_{K0} = \sqrt{\frac{GM}{R}}. \quad (9)$$

Diese Formel läßt sich etwas umschreiben, wenn wir berücksichtigen, daß an der Kugeloberfläche $GmM/R^2 = mg$ ist, wobei g die Fallbeschleunigung an der Oberfläche der kugelförmigen Masse M bedeutet (z. B. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ im Falle der Erde). Daraus folgt, daß sich $GM/R = gR$ setzen läßt. Daher statt Gl. (9)

$$v_{K0} = \sqrt{gR}, \quad (9')$$

und ferner statt Gl. (8)

$$v_K = R \sqrt{g/r}. \quad (8')$$

Wird die Kreisbahngeschwindigkeit im Punkt A der Kreisbahn (Abb. 3) auf $v_K + \Delta v$ erhöht, so lehrt uns die alltägliche Erfahrung, daß die anfänglich in konstanter Höhe kreisende Kugel aus der Bahn getragen wird, d. h. eine Bahn einschlägt, die sie zunächst an der Trichterwand nach oben führt. Durch das Aufwärtssteigen nimmt die kinetische Energie der Kugel ab; sie steigt immer langsamer und bewegt sich schließlich einen Moment lang in horizontaler Richtung mit einer Geschwindigkeit, die kleiner ist als die in dieser Höhe erforderliche Kreisbahngeschwindigkeit. Daher sinkt die Kugel wieder ab, wobei ihre Bewegungsenergie allmählich wieder zunimmt und die Geschwindigkeit wieder den anfänglichen Wert $v_K + \Delta v$ annimmt, wenn die Kugel die Ausgangskreisbahn erreicht. Der ganze Vorgang erscheint mehr oder weniger einleuchtend.

Zwei wichtige Tatsachen lassen sich weder durch Erfahrung, noch durch Gefühl erschließen und müßten bewiesen werden: Erstens erreicht die Kugel die Ausgangskreisbahn im selben Punkt A, in dem sie die Kreisbahn verlassen hat. Zweitens erscheint die Bahn bei Draufsicht aus großer Höhe als Ellipse, die einen der beiden Brennpunkte im Gravitationszentrum hat. Umgekehrt läuft der Vorgang ab, wenn die Geschwindigkeit in Punkt A der Kreisbahn nicht erhöht, sondern erniedrigt wird. Während die große Achse der Ellipse im vorigen Falle größer ist als der Durchmesser der Ausgangskreisbahn, ergibt sich nunmehr eine Bahnellipse, deren große Achse kleiner ist als der Kreisbahndurchmesser. Dabei ist ohne weiteres einleuchtend, daß die Ellipsen um so exzentrischer werden, je größer Δv wird. (Es sei $|\Delta v| < v_K$). Im einen Falle führen sie immer näher an das Gravitationszentrum heran, im anderen Falle reichen die Ellipsen immer weiter in den Raum hinaus. Die Frage, die sich erhebt, ist die, welche Geschwindigkeit dem Körper erteilt werden muß, damit er den Gravitationstrichter verläßt und in unendlicher Entfernung zur Ruhe kommt. Wir stellen uns vor, wir erteilen der Kugel, deren Abstand von der Trichterachse den Wert r hat, die dazu erforderliche Geschwindigkeit v_F , die sogenannte Fliehgeschwindigkeit. Nach dem Energierhaltungssatz muß die im Abstand r vorliegende Gesamtkineticum auf dem äußersten Trichterraß, auf dem $W_{pot} = 0$ ist und $W_{kin} = 0$ sein soll. Es gilt also

$$\frac{m}{2} v_F^2 - \frac{GmM}{r} = 0$$

woraus folgt

$$v_F = \sqrt{2 \frac{GM}{r}} = \sqrt{2g/r} = \sqrt{2} \cdot v_K \quad (10)$$

Hat ein Körper an einer beliebigen Stelle des Gravitationsfeldes eine Geschwindigkeit, die das $\sqrt{2}$ -fache der dort herrschenden Kreisbahngeschwindigkeit beträgt, so verlässt er das Gravitationsfeld und kommt in unendlicher Entfernung zur Ruhe. Die Richtung der Geschwindigkeit spielt dabei keine Rolle, insofern nur Kollision mit der Zentralmasse vermieden wird.

Beispiel 1:

Wie groß ist die Fluchtgeschwindigkeit

- a) von der Erdoberfläche aus?
- b) von einem Punkte der Mondbahn aus?
- c) vom Grund eines bis zum Erdmittelpunkt reichenden Schachtes aus?

Lösung:

zu a) Nach Gl. (10) und Gl. (9) ist

$$v_{F0} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 0,0981 \text{ km s}^{-2} \cdot 6380 \text{ km}} = 11,2 \text{ km/s};$$

zu b) Nach Gl. (10) und Gl. (8') gilt

$$v_F = \sqrt{2 \cdot R^2 g / r} = \sqrt{2gR} \cdot \sqrt{R/r} = 11,2 \text{ km/s} \cdot \sqrt{\frac{6380}{384000}} = 1,44 \text{ km/s};$$

zu c) Nach Abschnitt 1.1. ist im Erdmittelpunkt der absolute Betrag des Potentials um den Faktor 3/2 größer als an der Erdoberfläche, daher $v_F = \sqrt{1,5} \cdot 11,2 \text{ km/s} = 13,7 \text{ km/s}$.

Beispiel 2:

Angenommen, die Erdmasse wäre auf eine Kugel von $R^* = 8,86 \text{ mm}$ (also auf Pfenniggröße) konzentriert. Wie groß wäre dann die Fluchtgeschwindigkeit v_F^* ?

Lösung:

Nach Gl. (10) und Gl. (9) gilt für unsere Erde

$$v_F = \sqrt{2GM/R} = 11,2 \text{ km/s}.$$

Nach der hypothetischen Kompression wäre dagegen

$$v_F^* = \sqrt{2GM/R^*}.$$

Durch Division der beiden Ausdrücke folgt:

$$\frac{v_F^*}{v_F} = \sqrt{\frac{R}{R^*}},$$

also

$$v_F^* = 11,2 \text{ km/s} \sqrt{\frac{6380 \text{ km}}{0,886 \text{ km}}} \cdot 10^5$$

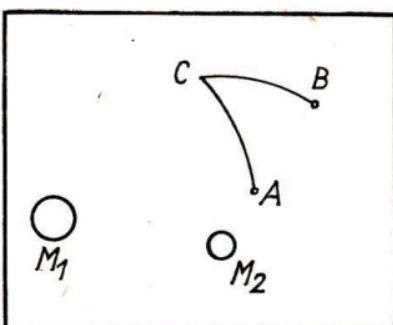
$$v_F^* \approx 300000 \text{ km/s}.$$

Wäre die Erde auf Pfenniggröße zusammengepreßt, könnten selbst Lichtquanten die Erde nicht mehr verlassen; sie wäre ein „schwarzes Loch“.

Auf einen wichtigen Unterschied unseres Potentialtrichtermodells zu den wirklichen Verhältnissen im Gravitationsfeld eines Zentralkörpers sei ausdrücklich hingewiesen. Die Erfahrung lehrt, daß durch Reibung und Luftwiderstand die Bewegung der rollenden Kugel allmählich abnimmt und sie schließlich in den tiefsten Punkt des Trichters zu liegen kommt. Das allmähliche Absinken in den Trichter nach unten scheint ein ganz natürlicher Wesenzug unseres Modells zu sein.

Die Tatsache, daß ein im Gravitationsfeld ohne Anfangsgeschwindigkeit ausgesetzter Körper geradlinig auf das Anziehungszentrum losstürzt (vergleiche Abb. 3, Kugel rechts oben), die entgegengesetzte Bewegung aber nicht von selbst auftritt, scheint zu zeigen, daß auch in der Realität die Abnahme der potentiellen Energie ein bevorzugter Vorgang ist. Wir müssen jedoch davon ausgehen, daß sich Körper im Gravitationsfeld nur halten können, wenn sie in Bewegung sind, wobei beliebig lange Existenz eine periodische Bewegung auf einer Kreis- oder Ellipsenbahn voraussetzt. Denken wir der Einfachheit halber an einen Körper auf einer Kreisbahn. Es gibt zwei Möglichkeiten, ihn aus dem Gravitationsfeld zu entfernen: Er kann in unendlich große Entfernung geschafft werden. Dazu genügt es bereits, seine Geschwindigkeit um 41,4 % zu erhöhen. Man kann ihn aber auch auf den Zentralkörper abstürzen lassen. Im Falle $r \gg R$ ist es dann aber nötig, die Geschwindigkeit des Körpers auf Null oder nahezu Null zu bringen. Das bedeutet: Die notwendige Geschwindigkeitsänderung ist mehr als doppelt so groß. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, hat die Abwärtsbewegung im Gravitationstrichter keineswegs mehr einen Vorzug vor der Aufwärtsbewegung. Vergegenwärtigen wir uns, daß im Weltall energieaufzehrende Wechselwirkungen wie Reibung und Luftwiderstand fehlen oder doch nur von verschwindendem Betrage sind. Geschwindigkeitsänderungen also allein mit Hilfe von Raketentriebwerken hervorgerufen werden können, so wird klar, daß es in der Raumfahrt denselben Treibstoffaufwand erfordert, die potentielle Energie um ΔW_{pot} zu erhöhen oder aber um denselben Betrag zu erniedrigen (d. h. also, im Gravitationstrichter um ein bestimmtes Stück nach oben zu steigen oder um dasselbe Stück nach unten zu sinken).

Abb. 4: Zur Berechnung der Hubarbeit im Felde zweier Massen M_1 und M_2 .



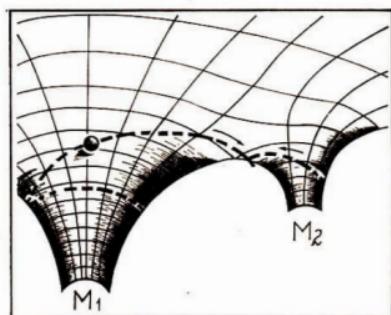


Abb. 5: Potentialtrichtermodell zweier Massen von unterschiedlicher Größe.

2. Bewegung im Gravitationsfeld mehrerer Körper

2.1. Überlagerung der Gravitationsfelder

Bisher hatten wir die Bewegung der Masse m im Felde einer einzigen Masse M betrachtet. Wie müssen wir vorgehen, wenn mehrere Massen gleichzeitig auf m einwirken? In Abb. 4 ist angenommen, daß es sich um zwei Massen M_1 und M_2 handelt. Welche Arbeit muß geleistet werden, um m von A nach B zu schaffen? Da die Arbeit vom Wege unabhängig sein muß, befördern wir m von A aus auf einem Kreis, dessen Mittelpunkt im Zentrum von M_1 liegt, nach C . Hubarbeit, die nach Gl. (3) zu berechnen wäre, wird nur bezüglich der Masse M_2 geleistet. Der Punkt C wurde so gewählt, daß man m im nächsten Schritt auf einem Kreis um das Zentrum von M_2 zum Bestimmungsort B schaffen kann, wobei Hubarbeit nur bezüglich der Masse M_1 aufgebracht werden muß. Die Gesamtarbeit ist die Summe der beiden Arbeiten. Daraus folgt, daß sich die Potentiale ganz einfach addieren.

Was ergibt sich daraus für unser Potentialtrichtermodell, wenn wir gleichzeitig annehmen, daß die Massen M_1 und M_2 sich in ihrer Größe stark unterscheiden? Die größere der beiden Massen (z. B. M_1) erzeugt einen großen Potentialtrichter. Am Ort der kleineren Masse M_2 zeigt die Wandung des Trichters eine Einstülpung nach unten in Form eines kleinen Trichters (Abb. 5). Sein Einzugsgebiet ist um so kleiner, je kleiner M_2 ist. Der Boden der Einstülpung liegt um so tiefer, je kleiner der Radius R_2 der Masse M_2 wird. Die so beschaffte Fläche kann in unserem Modell natürlich nur die Gravitationskräfte wiedergeben, nicht aber die Zentrifugalkräfte. Dazu müßte sich die Einstülpung auf dem Rande des großen Trichters so bewegen, wie sich M_2 in der Realität um M_1 herum bewegt. Beschreibt

M_2 eine Kreisbahn, dann ist es möglich, die gesamte, unveränderliche Fläche um eine zur Achse des großen Trichters parallele, durch den Gesamtenschwerpunkt von M_1 und M_2 gehende Achse mit der richtigen Winkelgeschwindigkeit rotieren zu lassen.

Beschränkt man sich auf diesen einfachen Fall, dann wird es aus der Anschauung klar, daß sowohl in dem kleinen M_2 -Trichter als auch in dem großen M_1 -Trichter eine Kugel sich so bewegen kann, wie unter 1.2. beschrieben wurde. Bei der Bewegung im großen Trichter muß lediglich die Nähe der von M_2 erzeugten Einstülpung gemieden werden, um die üblichen Kreis- und Ellipsenbahnen zu erhalten. Ebenso leicht ist es aber auch einzusehen, daß völlig neue Bahnformen entstehen, wenn die Kugel aus dem großen Trichter kommend in die Mündung des kleinen Trichters gerät. Es ist nicht schwer, sich vorzustellen, daß dabei auch eine Bahn in Form einer „Acht“ entstehen kann (Abb. 5), wie sie z. B. beim „Apollo“-Programm bewußt ausgenutzt wurde.

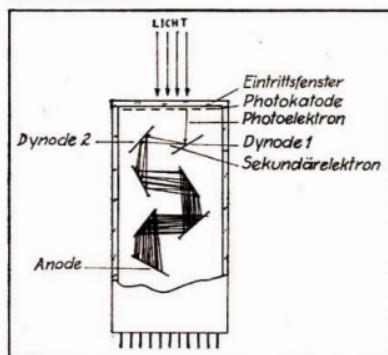
Lichtelektrische Photometrie für Amateure

CLAUS RENSCHEN

Braucht der Amateurastronom ein lichtelektrisches Photometer? Die Beantwortung dieser Frage hängt entscheidend von dem ihm zur Verfügung stehenden Fernrohr und dem vorgesehenen Beobachtungsprogramm ab.

Zur Beobachtung veränderlicher Sterne mit Amplituden größer als 0,2 mag und Perioden von einigen Stunden und mehr ist Argelanders Stu-

Abb. 1: Funktionsschema eines Sekundärelektronenvervielfachers.



fenschätzmethode für den geübten Beobachter oder die Auswertung fotografischer Aufnahmen sicher weiterhin sinnvoll. Kommt es jedoch darauf an, Objekte, die nur relativ kurze Zeit sichtbar sind, wie kleine Planeten und deren Rotationslichtwechsel, oder Ereignisse – wie Sternbedekungen – zu beobachten, ist das lichtelektrische Photometer das geeignete Instrument.

Voraussetzung ist natürlich ein relativ großes Fernrohr (ab 150 mm aufwärts) mit sehr guter Nachführung.

Das nachfolgend beschriebene lichtelektrische Photometer soll für derartige Zwecke an der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“ in Radebeul genutzt werden, an der als größte Instrumente ein Coudé-Refraktor 150/2250 und ein 25-cm-Cassegrain-Spiegelsystem zur Verfügung stehen.

Der Sekundärelektronenvervielfacher

Sekundärelektronenvervielfacher sind lichtempfindliche Röhren, die elektromagnetische Strahlung in elektrische Signale umwandeln (Abb. 1).

Die Innenseite des Eintrittsfensters ist mit einem lichtempfindlichen Belag versehen, der bei Einwirkung von Licht geeigneter Wellenlänge Elektronen aussendet (äußerer Photoeffekt). Diese Elektronen (negative Ladung) werden von einer ersten Dynode (Elektrode), die um 100 Volt und mehr positiver geladen ist als der lichtempfindliche Belag (Photokatode), angesaugt und prallen mit einer Energie von 100 eV (entspricht 6000 km s^{-1}) auf diese Elektrode.

Bei diesem Aufprall werden mehr neue Elektronen emittiert (Sekundärelektronen) als Elektronen auf die Elektrode treffen. Diese Sekundärelektronen werden von der zweiten Dynode, die wiederum 100 Volt und mehr positiver geladen ist als die erste, erneut angesogen. Der Vorgang der Vervielfachung der Elektronen vollzieht sich wiederum. Je nach Anzahl der Dynoden und dem Faktor der Vervielfachung ist die auf die letzte Elektrode (Anode) auftreffende Anzahl der Elektronen um den Faktor 10^6 bis 10^9 größer als die ursprüngliche von der Kathode ausgehende. Die benötigten Betriebsspannungen von SEV betragen bei zwölf Dynoden demzufolge etwa 1200 Volt.

Die Versorgung der Dynoden mit der notwendigen Spannung erfolgt über einen Spannungssteiler, der so zu dimensionieren ist, daß der Strom durch diesen das Hundertfache des zu erwartenden bzw. maximal zulässigen Anodenstromes ist.

Detaillierte Hinweise zum Betriebsverhalten von SEV und der Dimensionierung von Spannungssteilern sind in [1] nachzulesen.

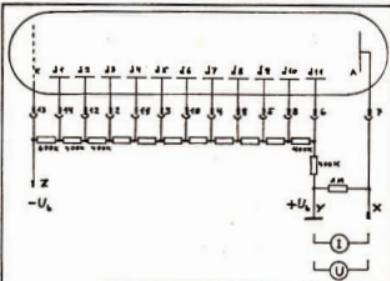


Abb. 2: Spannungsteiler des verwendeten SEV M 11 FS 300.

Hochspannungserzeugung

Die zum Betreiben von SEV notwendigen Spannungen liegen im Bereich von etwa 1200 Volt bis maximal 2000 Volt. An die Stabilität dieser Spannungen werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Die Spannung zwischen den Dynoden beeinflußt den Faktor der Vervielfachung sehr stark, so daß bereits sehr kleine Änderungen derselben, potenziert mit der Anzahl der Vervielfachерstufen, eine große Änderung des Verstärkungsfaktors der Röhre verursachen. Um die Verstärkung auf 1% stabil zu halten, ist bereits eine Genauigkeit der Hochspannungen von etwa 1 Promille notwendig, d.h. ± 1 Volt bei 1000 Volt. Um derartige Spannungen zu erhalten, ist einerseits die Verwendung von industriell gefertigten Netzteilen möglich (VEB Statron). Kosten- und gewichtsgünstiger ist jedoch der Selbstbau einer Hochspannungsversorgung, zumal im vorliegenden Fall nur sehr kleine Ströme (einige zehn Mikroampere) zum Betrieb des SEV benötigt werden, und die Stabilisierung durch Verwendung von integrierten Schaltkreisen mit relativ geringem Aufwand möglich ist.

Zweckmäßigerweise wird der Pluspol der Hochspannungsquelle mit Masse verbunden, so daß die Katode des SEV ein hohes negatives Potential aufweist. Dies hat den Vorteil, daß an die Anode des SEV gefahrlos Meßgeräte oder Meßelektronik angeschlossen werden kann, da nur sehr kleine Potentiale bezüglich Masse vorhanden sind (Abb. 2). In jedem Fall ist jedoch äußerste Vorsicht bei Aufbau, Erprobung und Betrieb geboten; Spannungen über 42 Volt sind lebensgefährlich! Solider mechanischer Aufbau, die Verwendung hochspannungsfester Steckverbinder und Kabel sowie die Verbindung aller metallischen Gehäuse- und Fassungsteile mit dem Schutzleiter bewahren vor bösen Überschlägen.

Meßelektronik

Man mache sich keine Illusionen über die auf Grund der Vervielfachung von 10^6 bis 10^9 zu messenden Ströme!

Ein Stern von 0 mag liefert bei einer Fernrohröffnung von 15 cm einen Lichtstrom von $3,6 \times 10^{-8}$ Lumen. Bei einer Empfindlichkeit des SEV von 20 Ampere/Lumen ist dann ein Anodenstrom von 7,2 Mikroampere messbar, doch wer will schon Sterne dieser Helligkeit photometrieren? (Lichtströhre s. Tab. 1)

Ein Stern von 7 mag liefert nur noch 1,6 nA; gute SEV besitzen Dunkelströme kleiner als einige nA. Die zu messende Stromzunahme beträgt demzufolge bei schwächeren Sternen nur noch Prozente des Dunkelstromes.

Die Reichweite des Photometers und die Genauigkeit der Messung werden entscheidend durch die Größe des Dunkelstromes bestimmt. Eine genaue Darstellung dieses Sachverhaltes ist in [2] gegeben. Um derart kleine Ströme bzw. Spannungen sicher zu messen, ist einiger Aufwand erforderlich, wobei im einfachsten Fall ein Spiegelgalvanometer sehr gute Dienste leisten kann.

Soll jedoch ein registrierendes Meßgerät angeschlossen werden, ist eine Verstärkung der Meßgrößen notwendig.

Die elektronische Verarbeitung sehr kleiner Ströme bzw. Spannungen bei Verwendung von Gleichspannungsverstärkern führt bei großen Verstärkungen meist zu Stabilitätsproblemen, so daß meist die kleine Gleichgröße elektronisch zerhackt wird. Die Amplitude der entstandenen Wechselspannung ist der Gleichgröße proportional. Dieser Wechselspannung wird mittels sehr stabiler Wechselspannungsverstärker verstärkt und anschließend gleichgerichtet und gemessen. Im Gegensatz zum eben beschriebenen Prinzip des Gleichtlichtphotometers ist es natürlich möglich, den Lichtstrom vor dem Auftreffen auf die Photokatode mechanisch oder elektrooptisch zu zerhacken, so daß an der Anode des SEV ein Wechselspannungssignal vorliegt, das nun verstärkt und gleichgerichtet wird. Im Falle der Modulation des Lichtstromes vor der Photokatode wird die Reichweite des Photometers nicht durch den Dunkelstrom, sondern durch das Dunkelstromrauschen begrenzt; die Messung von bis um den Faktor 10^{-2} kleineren Lichtströmen ist möglich.

Um einen möglichst großen Abstand zwischen Meß- und Störgrößen zu erhalten, ist es in jedem Fall vorteilhaft, den Wechselspannungsverstärker frequenzselektiv zu beschalten oder die Gleichrichtung der verstärkten Wechselspannung mit einem phasenempfindlichen Gleichrichter vorzunehmen.

Tabelle 1: Lichtstrom als Funktion der Sterngröße für 10 mm Objektivdurchmesser (Umrechnung für andere Objektive entsprechend den Durchmesserkwadraten)

Sterngröße	Lichtstrom (Lumen)
0	$3,6 \times 10^{-8}$
1	$1,4 \times 10^{-8}$
2	$5,7 \times 10^{-9}$
3	$2,3 \times 10^{-9}$
4	$9,1 \times 10^{-10}$
5	$3,6 \times 10^{-10}$
6	$1,4 \times 10^{-11}$
7	$5,7 \times 10^{-11}$
8	$2,3 \times 10^{-11}$
9	$9,1 \times 10^{-12}$
10	$3,6 \times 10^{-12}$
11	$1,5 \times 10^{-12}$

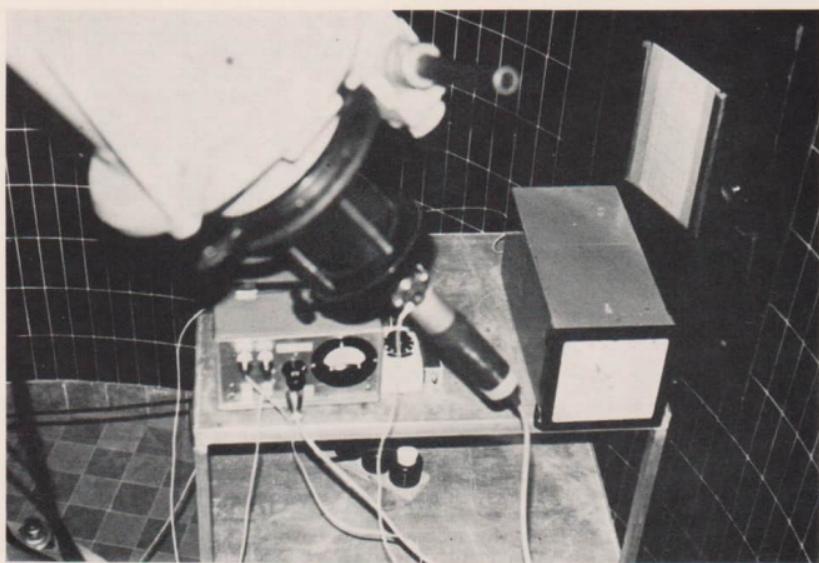
Im phasenempfindlichen Gleichrichter wird die Wechselspannung elektronisch phasenrichtig derart zerhackt, daß nur die Wechselspannungsanteile, deren Frequenz der Zerhackungsfrequenz entsprechen, einen Gleichspannungsanteil am Ausgang liefern; andere entstehende bzw. vorhandene Frequenzanteile werden durch einen anschließenden Tiefpaß unterdrückt. Zur einwandfreien Funktion des phasenempfindlichen Gleichrichters ist es notwendig, ihn mit der Frequenz des elektronischen Zerhackers bzw. des Lichtmodulators zu synchronisieren.

Das Photometer

Mechanischer Aufbau

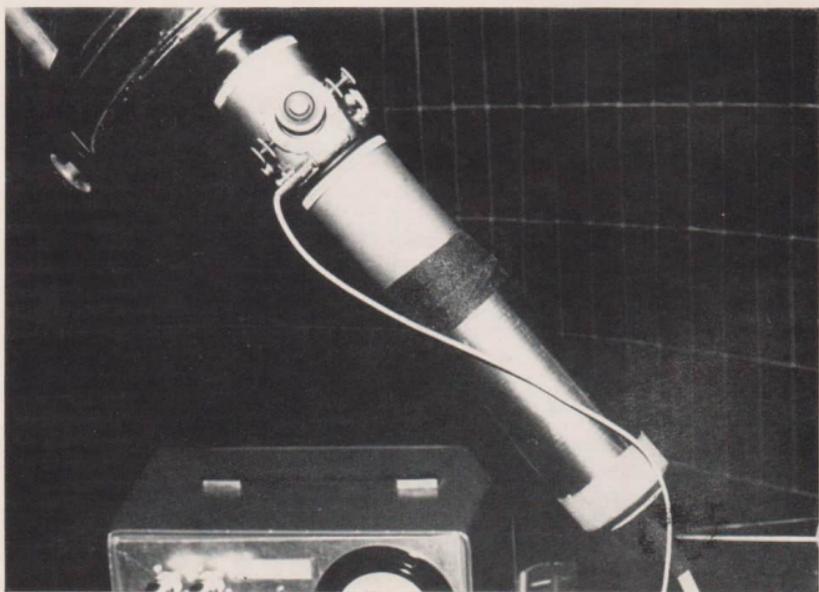
Als Grundelemente für den mechanischen Einbau des SEV dienten handelsübliche Fernrohrzwischenstücke mit Gewinde M 44 × 1. Mittels eines Drehteiles (1) wurde der Röhrensockel (2) im Fernrohrzwischenstück (3) befestigt, die gegenüberliegende Seite ist mit einer Blechscheibe (4) verschlossen auf der eine Linse (5) aufgeklebt ist. Die Brennweite der Linse (5) ist derart bemessen, daß der Abstand zwischen der Photokatode des SEV und der Linse gleich der Brennweite ist. Dadurch wird die Objektivöffnung des Fernrohrs durch die Blende (6) hindurch auf die Photokatode abgebildet, wodurch der Einfluß der Szintillation auf die Messung vermindert wird. Der SEV (7) und die Magnetabschirmung (8) werden durch den Röhrensockel (2) und durch Schaumgummiringe (9) im Rohr gehalten.

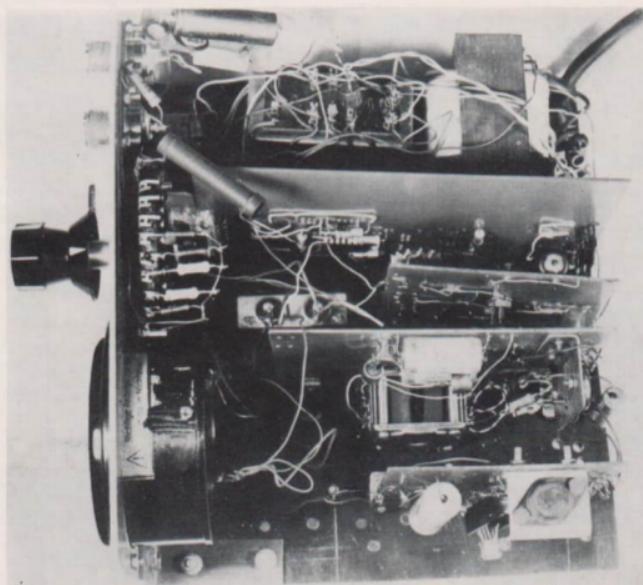
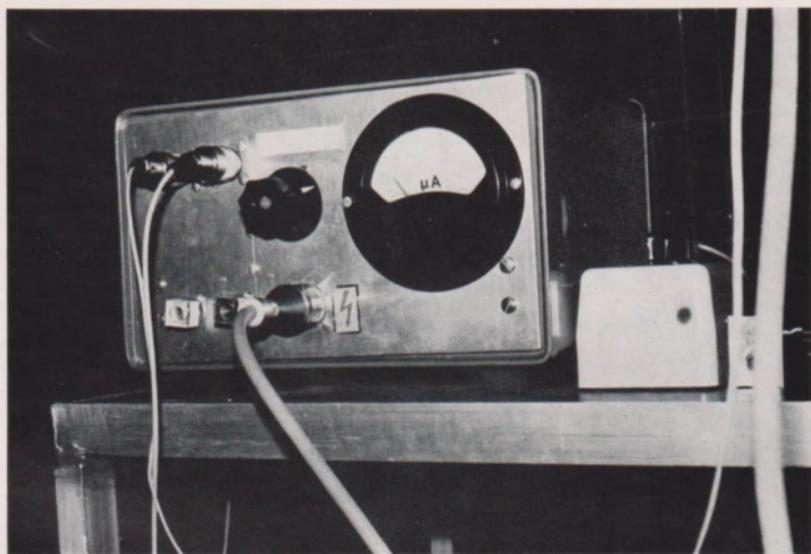
Der Spannungsteiler (10) ist freitragend aufgebaut, wobei soweit als möglich Metallschichtwiderstände (gekennzeichnet durch braune Farbe) verwendet wurden. Durch eine Zugentlastung (12) führt das doppeltgeschirmte, sechspolige, hochspannungsfeste Kabel, durch das Hochspannung und Meßspannung führen. Eine innen geschwärzte Abschirmhülse (13), die mit einer Gummidichtung für das Kabel versehen ist und eine Metallhülse aus rostfreiem Stahl (vom Schrottplatz), ebenfalls mit Gummidichtung,



Bildbericht zum Beitrag S. 46: Lichtelektrische Photometrie . . .

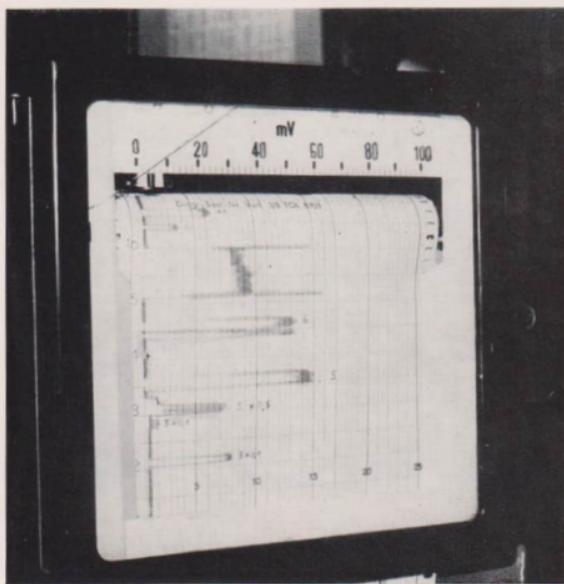
oben: Photometer am Coudé-Refraktor 150/2250. unten: SEV-Meßkopf mit Klappspiegelverschluß (elektrische Zuleitung zur Leuchtdiode).





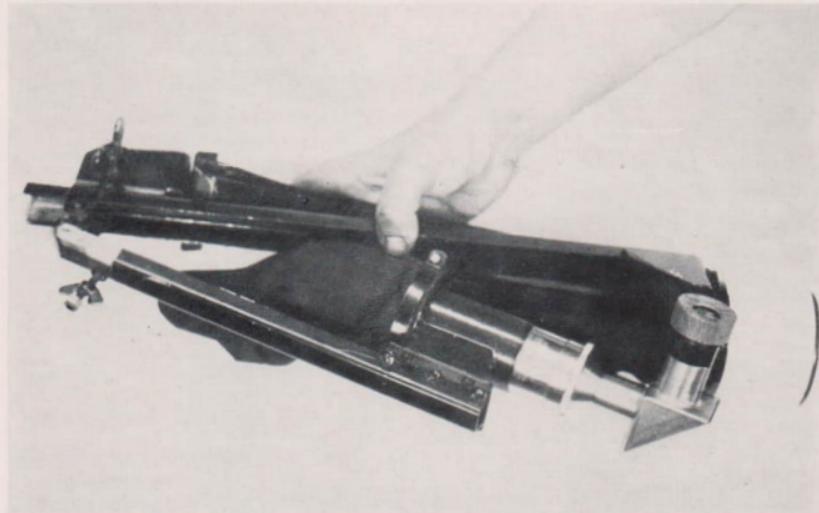
oben: Ansicht des
Meßgerätes.
Leuchttaste Netz,
Leuchttaste für
Hochspannung,
Steckverbinder
für Hochspan-
nung, Ausgänge
zum Schreiberan-
schluß und zur
Leuchtdiode am
Meßkopf. unten:
Innenansicht des
Meßgerätes (v. l.
n. r.): Spannungs-
stabilisator für
Hochspannungs-
transverter,
Hochspannungs-
transverter mit
Schalenkern,
Hochspannungs-
kondensator,
Spannungsstabi-
lisor für 15 V,
Meßverstärkerlei-
terplatte und
Transformatoren.

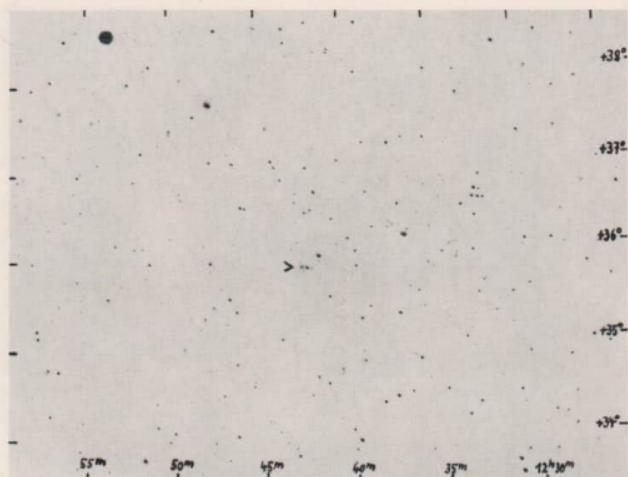
Motorkompensator mit
Registrierung einer Messung
von Plejadensternen.
(Fotos: Achim Grünberg)



In unserem nächsten Heft:

„... doch hatte ich den Wunsch, mir noch einmal ein ganz billiges und einfaches Fernrohr für eine Fenstersternwarte zu bauen ...“ (Aus: Selbstbau eines zusammenklappbaren Fernrohrs).





Ausschnitte aus zwei Sternfeldaufnahmen mit dem Kometen Enke.

Der helle Stern am oberen Bildrand ist α Canes Venatici. Deutlich ist die Positionsänderung des Kometen innerhalb von 13 Minuten erkennbar. Die Verzeichnung der Sterneindrücke wurde durch starke Windstöße hervorgerufen. (Eingezeichnetes Gradnetz: 1950.0) Beide Aufnahmen mit Tesser 71/250 mm auf NP 20, Bel.-Zeit 4 min.

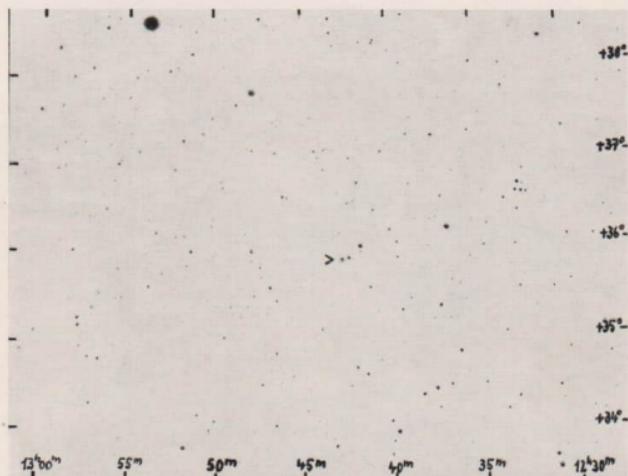
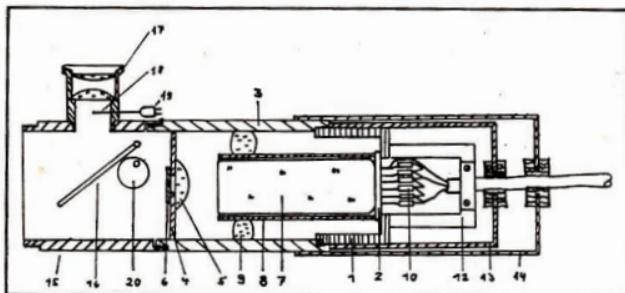


Abb. 3: Schnitt durch den SEV, Einbau und Verschluß (schematisiert).



umschließen Röhrensockel, Spannungsteiler und Zwischenstück lichtdicht.

Zum Aufsuchen des zu beobachtenden Objektes und als Verschluß dient ein in ein weiteres Rohr (15) untergebrachter Klappspiegel (16) in Verbindung mit einem Okular (17). Im Blickfeld des Okulars befindet sich eine Glasfaser (18), deren eines Ende aus dem Okular herausgeführt ist. Außerdem befindet sich eine Leuchtdiode, die durch einen astabilen Multivibrator periodisch zum Leuchten gebracht wird (Frequenz etwa 1 Hz). Die Position des anderen Endes der Glasfaser, die Lage der Blende und die Neigung des Klappspiegels sind so justiert, daß ein Stern, dessen scharfes Bild sich mit dem periodisch leuchtenden Ende der Glasfaser deckt, nach Hochklappen des Spiegels scharf auf die Blendenöffnung abgebildet wird.

Die Bewegung des Klappspiegels erfolgt mittels eines Exzenter. Die Meßblende kann ausgewechselt werden, wobei meist mit 0,8 mm Durchmesser (entspricht 1,2' am Coudé) gearbeitet wird. Im Gehäuse des Meßgerätes sind auf einer PVC-Platte senkrecht stehend die Leiterplatten für Hochspannungsstabilisierung, Transverter, Spannungsstabilisierung für ± 15 Volt, Meßverstärkerleiterplatte und Transformatoren angeordnet, wobei die Meßverstärkerleiterplatte mittels Zeibinda-Steckverbinder angeschlossen ist und wahlweise ein Gleichspannungsverstärker oder ein Zerhackerverstärker mit phasenempfindlichem Gleichrichter verwendet werden kann.

Auf der Frontplatte befindet sich ein Anzeigeninstrument $100 \mu\text{A}$ (200 mV), das als Spannungsmesser für den Meßverstärker bzw. für die Hochspannung mittels Drehschalter verwendet wird. Weiterhin sind zwei Buchsen für den Anschluß eines zusätzlichen Meßgerätes (Motorkompen-sator) bzw. für den Anschluß der Leuchtdiode vorgesehen.

Die Einstellung des Sollwertes der Hochspannung und der Offsetkompen-sation erfolgt von der Rückseite.

Elektrischer Aufbau

Hochspannungserzeugung

Die Erzeugung der Hochspannung erfolgt mittels Eintakt-Sperrwandler. Im Transverter wird ein Hochspannungstransistor SU 165 eingesetzt. Als Übertrager dient ein Schalenkern 34×17 . Vorhandene Spannungsüberschläge in der Sekundärwicklung konnten durch Tränken der Wicklungen mit Dammarharzlösung (Firnis in der Temperamaterei) beseitigt werden. Die Betriebsspannung von max. 30 Volt wird durch einen integrierten Schaltkreis MAA 723 hochstabilisiert und mit Potentiometer P 3 eingestellt. Der Transverter liefert bei 15 MOhm Lastwiderstand Spannungen zwischen 500 und 1600 Volt.

Die Stabilität der Ausgangsspannungen über Stunden ist so gut, daß auf weitere Stabilisierungsmaßnahmen verzichtet werden konnte. Solche Maßnahmen können darin bestehen, daß ein hochohmiger Spannungsteiler die Hochspannung auf einige Volt herunterteilt. Diese heruntergeteilte Spannung wird dann über einen hochohmigen, invertierenden Spannungsfolger dem IS MAA 723 als Vergleichsspannung zugeführt, womit ein sehr genauer Regelkreis entstanden ist. Die Einstellung der Hochspannung erfolgt dann mittels des Abgriffes am Spannungsteiler. Die Schaltung mit den Dioden SY 210 und den $0,1 \mu\text{F}$ Kondensatoren dient der Gleichrichtung mit gleichzeitiger Spannungsverdopplung. Hinweise zum Transverterbau sind u. a. in [3] zu finden.

Meßverstärker

Als Meßverstärker sind für das Photometer zwei auswechselbare Leiterplatten vorhanden, die ein Gleichstrommikroampemeter (s. Schaltplan) bzw. einen Zerhackerverstärker mit phasenempfindlichem Gleichrichter enthalten. Im folgenden wird nur das Gleichstrommikroampemeter kurz beschrieben. Beziiglich Schaltungen für Zerhackerverstärker sei auf [3] (Zerhacker), [4]

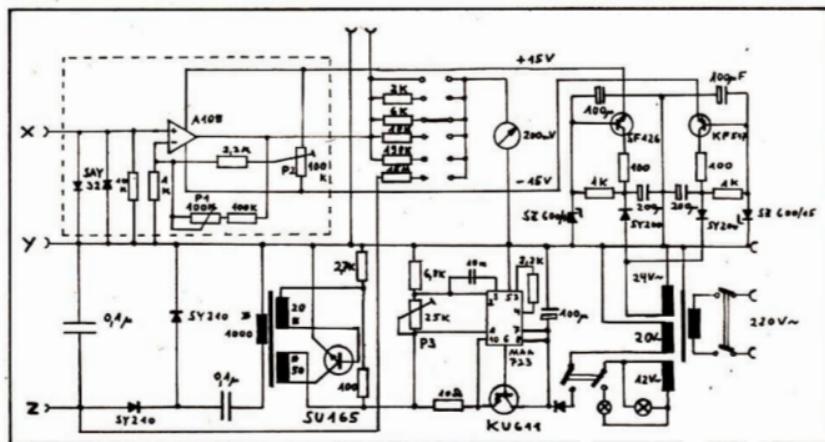


Abb. 4: Stromlaufplan von Hochspannungs-erzeugung, Netzteil und Meßverstärker.

(Wechselspannungsverstärker) und [5], [6] (phasenempfindlicher Gleichrichter) verwiesen.

Der Operationsverstärker A 109 mit Standardfrequenzkompensation arbeitet als Spannungsverstärker mit Verstärkung 100–200 (einstellbar mit P 1).

Ein Eingangsstrom von 1 nA liefert über den 10 kOhm-Widerstand einen Spannungsabfall von 10 μ V und nach hundertfacher Verstärkung eine Ausgangsspannung von 1 mV.

Der Nullabgleich des Meßverstärkers wird mit P 2 vorgenommen. In Verbindung mit einem extern angeschlossenen Motorkompensator mit 10 mV Meßbereich ist die gewählte Verstärkung ausreichend. Für Kontroll- und Abgleichzwecke dient das in mehreren Meßbereichen schaltbare, eingebaute 100 μ A (200 mV) Drehspulinstrument. Die Dimensionierung der Vorwiderstände richtet sich nach dem Innenwiderstand des Meßinstrumentes.

Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt aus dem 220-Volt-Netz mittels eines Transformators, der 24 Volt, 20 Volt und 12 Volt Wechselspannung liefert. Die 24 Volt dienen nach Gleichrichtung und Stabilisierung durch Zenerdiode zur Erzeugung von

± 15 Volt zum Betrieb des Meßverstärkers.
Der Transverter wird über den MAA 723 aus dem
20-Volt-Anschluß versorgt. Der 12-Volt-An-
schluß dient zum Betrieb der Kontrolllampen
für Netz- und Hochspannung.

Erprobung

Die Erprobung sollte mit der Überprüfung der Hochspannungserzeugung auf hinreichende Sta-

bilität an einem Lastwiderstand, der gleich dem Gesamtwiderstand des Spannungsteilers des SEV ist, beginnen.

Ist der SEV lichtdicht eingebaut und der Spannungsteiler stufenweise überprüft, kann der Meßverstärker angeschlossen und abgeglichen werden.

Nach Einschalten der Hochspannung und bei abgedunkeltem SEV (zunächst bei kleinen Spannungen beginnen) muß ein der Hochspannung proportionales Ausgangssignal vorliegen, dessen Stabilität und Größe ein Maß für den Dunkelstrom bzw. für die elektrische Qualität der realisierten Anordnung ist.

Bei genügend kleinen Dunkelströmen (Einlaufverhalten beachten [1]) in Bezug auf die zu erwartenden Lichtströme kann die Arbeit am Himmel beginnen.

Zur Justierung der Blenden, Verschlüsse o. ä. (je nach mechanischem Aufbau) sind sehr hellen Objekten wie Venus, Jupiter oder helle Fixsterne geeignet. Zur weiteren Erprobung hinsichtlich der Reichweite ist es (zumindest bei relativ kleinen Fernrohren) notwendig, bei max. zulässiger Betriebsspannung bzw. noch höher zu arbeiten, so lange eine stabile Anzeige erfolgt.

Sehr geeignet zur Reichweitenbestimmung sind die Plejaden, da eine Vielzahl von Sternen leicht auffindbar und in allen Helligkeiten bei nicht zu hoher Sternndichte vorhanden sind. War diese Art der Erprobung erfolgreich, bieten sich zunächst kurzperiodische Veränderliche mit gut bekannten Lichtkurven als Testobjekte an. Empfohlen seien δ Cet und VZ Cnc.

Gleichzeitig lernt man bei dieser Gelegenheit, Extinktion und langsame Hochspannungs-

schwankungen bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Sehr instruktiv ist es auch, bei sehr kleiner Blende und angemessener Betriebsspannung den Erdmond am Photometer passieren zu lassen. Mit etwas Geduld und Mühe ist es dann möglich, photometrische Karten von Oberflächendetails bzw. von der gesamten sichtbaren Seite aufzuzeichnen.

Materialbeschaffung

Die verwendeten elektronischen Bauelemente sind mehr oder weniger handelsüblich. Problematisch dürfte noch am ehesten die Beschaffung eines SEV sein. Hier sei die Nachfrage bei physikalisch-technischen Abteilungen von Hoch- und Fachschulen sowie bei Betrieben der Elektrotechnik/Elektronik empfohlen. Oft sind dort SEV erhältlich, die wegen zu hohen Dunkelstromes oder ungenügender Stabilität ausgesondert wurden, jedoch für erste Versuche vollkommen ausreichen. Auch der vom Autor verwendete M 12 FS 35 (maß noch Sterne 9mag am Coudé 150/2250) stammt vom Schrottplatz. Der jetzt eingesetzte M 11 FS 300 (max. Empfindlichkeit 2000 A/lm²) ist ein dankenswerterweise vom VEB Werk für Fernsehelektronik bereitgestelltes Erprobungsmuster. Der angeschlossene Motor-Kompensator wurde nach der Liste für auszusondern Grundmittel eines ortssässigen Elektronikbetriebes für 20 Mark gekauft und vermittels eines zweiten Motor-Kompensators (ebenfalls 20 Mark) wieder instandgesetzt.

Die vorstehende Beschreibung eines realisierten lichtelektrischen Photometers sei dem interessierten Amateurastronomen kein Dogma, sondern eine, wenn auch unvollkommene, Anleitung zum Handeln.

Literatur:

- [1] J. Kullman; H. Hartig: Anwendung von Fotovervielfachern; radio-fernsehen-elektronik, Heft 19, 21, 23 Jg. 1977. – [2] W. Wenzel: Zur Reichweite photoelektrischer Photometer; Astronomie und Raumfahrt, Heft 2/79. – [3] H. Jakubasch: Das große Elektronikbastelbuch; Militärverlag der DDR. – [4] H. Köhne: Schaltbeispiele mit dem Operationsverstärker A 109; amateurelectronics, Militärverlag des DDR. – [5] R. Altmann: Phasenempfindlicher Gleichrichter als Präzisionsgleichrichter; radio-fernsehen-elektronik, Heft 12/1978. – [6] G. Schomann: Phasenempfindlicher Gleichrichter mit bilateralem Schalter in CMOS Schaltungstechnik; radio-fernsehen-elektronik, Heft 4/1978.



Abb. 1: Friedrich Wilhelm Herschel
(1738 – 1822)

Planetenentdeckung vor 200 Jahren:

Uranus

JÜRGEN HAMEL

13. März 1781: Ein „Komet“ wird entdeckt

Auf der Sitzung der „Royal Society of London“ wurde am 26. April 1781 ein Memoir verlesen, in dem es heißt: „Am Freitag, den 13. März, zwischen 10 und 11 Uhr abends, während ich die kleinen Sterne in der Nachbarschaft von H. Geminorum untersuchte, nahm ich einen Stern wahr, der ausgedehnter als die anderen erschien. Von seiner ungewöhnlichen Helligkeit überrascht, verglich ich ihn mit H. Geminorum und dem kleinen Stern im Bereich zwischen Auriga und Gemini und fand ihn viel größer als beide, so daß ich mutmaßte, es wäre ein Komet.“ ([7], S. 492) Diese Entdeckungsnachricht verbreitete sich schnell über England hinaus in der wissenschaftlichen Welt – die Entdeckung eines Kometen? Der Grund war ein anderer! Der „Komet“ hob sich im 16 cm-Spiegelteleskop des Entdeckers deutlich durch seinen erkennbaren Durchmesser ab, der bei höherer Vergrößerung zunahm und bald auch schon durch seine Bewegung gegenüber den Sternen, wie durch Mikrometeranschlüsse an benachbarte Sterne, festgestellt werden konnte (Abb. 2). Was also sollte es sein außer einem Kometen? Aber die typischen Kennzei-

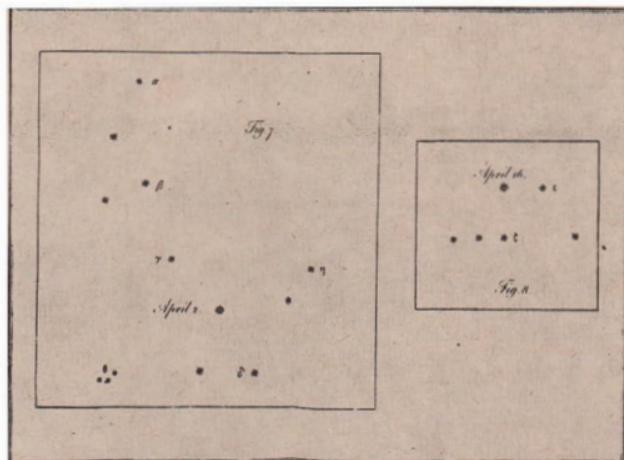


Abb. 2: Originalbeobachtungen des Uranus von Herschel vom 2. und 16. April 1781
(nach [7])

chen dieser Himmelskörper fehlten. Im März, April und Mai des Jahres wurde er von mehreren englischen und französischen Astronomen beobachtet. Doch so bekannt dieses neue Gestirn bald war, so unbekannt war sein Entdecker. Im ersten Bericht über die Entdeckung rätselt J. E. Bode über den Namen des „sehr aufmerksame(n) Liebhaber(s) der Astronomie zu Bath in England“: Mersthal, Herschel, Herthel, Herrschell, Hermestel – und ruft am Ende aus, „wie ist nun eigentlich sein Name?“ ([4], S. 211). Dieser Name drang bald bis in die Tagespresse: Friedrich Wilhelm Herschel (Abb. 1).

Weitere Beobachtungen: Ein neuer Planet!

Der neue Himmelskörper bewegte sich seit seiner Entdeckung rechtläufig mit einer täglichen scheinbaren Bewegung von $0^{\circ}75$, die Deklination blieb fast unverändert. Doch trotz seiner Annäherung an die Sonne war nicht der geringste Ansatz eines Schweifes zu sehen, so daß die Außerordentlichkeit dieses Körpers immer bewußter hervortrat. Im Mai des Entdeckungsjahres stand er in Konjunktion mit der Sonne (vgl. Abb. 3). „In der öffentlichen Versammlung der Pariser Akademie der Wissenschaften vom 25sten April 1781 erklärten die französischen Akademisten den neuen Stern als einen sehr sonderbaren Kometen, weil er weder Schweif, noch Bart, noch Haare zeige und vollkommen den kleinen Sternen 6ster Größe gleiche, die ohne Fernröhre kaum zu sehen sind. Es sey das erstmal, daß man einen Kometen von dieser Art entdeckt habe, und man wisse nicht, was man von diesem merkwürdigen Körper denken solle, den die englischen Astronomen für einen neuen Pla-

neten, und andere für einen ganz besonderen Stern ansehen.“ ([2], S. 12f.) Was bisher nur eine aufkeimende Vermutung war, wurde deutlich ausgesprochen: Das neue Gestirn ist ein bisher unbekannter Hauptplanet unseres Planetensystems. Einer der ersten, der diesen Gedanken vehement verteidigte, war der Berliner Akademieastronom J. E. Bode (Abb. 4). Nach seinen Worten wurde aus der Routine-Entdeckung eines Kometen die „wichtigste Entdeckung unter allen, die jemals am Himmel gemacht wurden“ ([2], S. 5). Doch nicht nur das Aussehen des Gestirns deutete eher auf einen Planeten, als auf einen Kometen hin. Am 25. Juni 1781 berichtete der „Royal Astronomer“ Nevil Maskelyne an Tobias Mayer über die Versuche des russischen Astronomen Lexell, eine Bahn des Neulings zu bestimmen. Die Annahme einer parabolischen (Kometen-) Bahn mit der angenommenen 6-fachen Entfernung Erde-Sonne führte zu einem Fehler von $3'$, dagegen die Rechnung mit einer Kreisbahn und dem Abstand von $18,928$ Erdbahnhalbmessern nur zu einer Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung von 175 . Diese Entfernung ergab einen Umlauf um die Sonne von rund 82 Jahren. Eine noch bessere Übereinstimmung findet Bode aus den Beobachtungen von Maskelyne und Darquier vom 17. März, bzw. 31. Juli 1781 (heliozentrisch):

Position 17. März. 22 Uhr $27^{\circ} 30' 09''$ (Gem)
31. Juli. 03 Uhr $29^{\circ} 08' 28''$

Daraus folgt eine Bewegung von $01^{\circ} 38' 19''$ in $135^d 06^h$. Unter der Annahme der Entfernung von $18,928$ Erdbahnhalbmessern und der Umlaufzeit von 82 Jahren 4 Monaten, müßte der

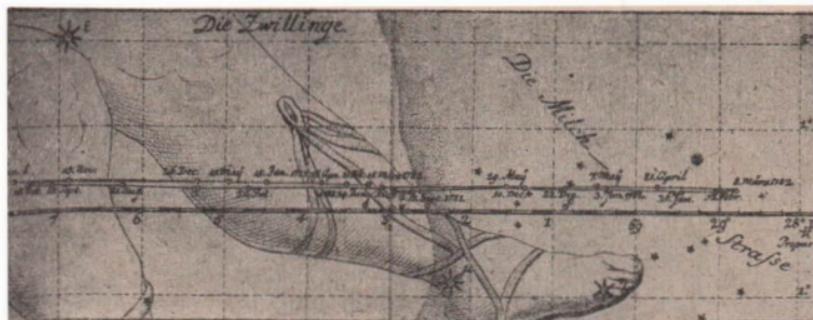


Abb. 3: Beobachtungen des Uranus vom 13. Sept. 1781 bis Juni 1783 (nach [4])

Planet in der o. g. Zeit einen Kreisbogen von $01^{\circ} 37' 09''$ zurücklegten, was eine Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung von nur $01' 10''$ ergibt ([4], S. 214f.).

Den zunächst genauesten Wert für den Abstand des Uranus von der Sonne leitete Laplace im Mai 1783 mit 19,0818 Erdbahnhalbmessern ab. Das entspricht bei Berücksichtigung des damals angenommenen mittleren Abstandes Erde-Sonne von 21 Mill. dt. Meilen (1 dt. Meile = 7420,44 m) einem Fehler von nur $\approx 0,5\%$. Wenn man bedenkt, wie kurz die Beobachtungszeit war und welch kurzes Bahnstück Uranus seit der Entdeckung zurückgelegt hatte, so ist das ein erstaunlich genaues Resultat (vgl. Tab. 1).

„Uranus“, „Herschel“ oder „Georgium Sidus“? Nach altem Brauch steht das Recht der Benennung eines Himmelskörpers seinem Entdecker zu. So nannte Simon Marius die Jupitermonde nach ersten eigenen Beobachtungen die „Sidera Brandenburgica“, Galilei die „Medicea Sidera“ und Cassini bezeichnete die Saturnmonde als „Sidera Ludoviciana“. Mit diesen Namensgebungen waren stets klare Erwartungen ausgesprochen: die Gunst eines Herrschers, in dessen Dienst der Astronom stand. Aus demselben Grunde kam es auch im 18./19. Jahrhundert in Mode, aus bestehenden Sternbildern Teile abzutrennen, um daraus die „Karlsichei“, das „Herz Karls II.“, das „Brandenburgische Zepter“, die „Friedrichs II. Ehre“, die „Georgs-Harfe“ usw. zu machen.

Herschel taufte seinen Planeten „Georgium Sidus“, das „Georgsgestirn“, und hoffte, sich dadurch einen Gönner zu schaffen – worauf er in seiner Stellung als Musiker angewiesen war. König Georg III., schon vorher der Himmelskunde zugetan, machte Herschel ein verlockendes Angebot, das ihm die Übersiedlung nach

Slough und die volle Hinwendung zur Astronomie ermöglichte. Allerdings war die Namensgebung Herschels wohl ein rein taktischer Zug, denn in einem Brief an Bode vom 13. Aug. 1783 schrieb Herschel, daß er kaum die allgemeine Annahme dieses Namens erwartete, da schon so viele ähnliche Versuche der Benennung gescheitert waren ([2], S. 92f.). Und so kam es denn auch. In Frankreich nannte man den neuen Himmelskörper den „Herschelschen Planeten“. Vorgeschlagen wurde auch „Astraea“, „Cybele“, „Rhea“ und „Neptun“. Am Ende setzte sich der Vorschlag J. E. Bodes – „Uranus“ – durch. Bode begründete seinen Vorschlag damit, daß alle Planetennamen der Mythologie entstammen und diese Reihe mit dem neuen Planeten fortgesetzt werden sollte. Der Name „Uranus“ bot sich auch deswegen an, da in der griechischen Mythologie Uranus der Vater des Saturn und dieser wiederum der Vater des Jupiter ist. Nach einer Sage des Diodor von Sizilien war Uranus der König des nordafrikanischen Volkes der Atlanten, Stifter ihres Gemeinwesens, Erfinder vieler nützlicher Künste und eifriger Himmelsforscher. Sein Volk verehrte ihn so sehr, daß es in ihm mehr als einen Menschen sah und ihren König nach dem Tode vergötterte.

Als Symbol des neuen Planeten wurde das chemische Zeichen des 1752 entdeckten Elements Platin $\hat{\text{o}}$ gewählt.

Uranus und die Titius-Bode-Reihe

So überraschend der siebente Hauptplanet unseres Sonnensystems entdeckt wurde, so war man andererseits auf diese Entdeckung nicht ganz unvorbereitet. Im Jahre 1766 fand der Wittenberger Professor J. D. Titius eine eigenartige Beziehung zwischen den Abständen der Planeten, die seit 1772 von J. E. Bode weithin bekannt gemacht wurde und heute als Titius-Bode-Reihe bezeichnet wird. In der Form Bodes wird diese Abstandsregel auf die Bahn der Erde bezogen.



Abb. 4: Johann Elert Bode (1747 – 1826)

deren Halbmesser gleich 10 gesetzt wird ($4 + 6$). Daraus folgt die Reihe:

Merkur	$4 + 0 = 4 -$	$4 + 24 = 28$
Venus	$4 + 3 = 7$	$4 + 48 = 52$
Erde	$4 + 6 = 10$	$4 + 96 = 100$
Mars	$4 + 12 = 16 -$	$4 + 192 = 196$

Aus diesen Zahlenverhältnissen leitete Bode zwei Vermutungen unbekannter Planeten ab: 1., „Ist es aber wol glaublich, daß dem Erdbewohner, welcher mit bewaffneten Augen und vieler Mühe erst seit etwa 170 Jahren die Jupiters- und Saturns-Trabanten etc. entdeckt hat, keine Planetenkugel unserer Sonnenwelt mehr unbekannt sey?“ und sollten wirklich die Grenzen des Sonnenreichs da seyn, wo wir den Saturn sehen? Oder können nicht noch mehrere große Planetenkugeln jenseits des Saturns, immer von Menschen ungesesehen, ihre weiten Kreise um die Sonne beschreiben?“ ([3], S. 634) Damit ist die Vermutung eines „Transsaturn“ deutlich ausgesprochen. 2. „Innerhalb der Bahn des Merkurs läßt sich schwerlich ein noch unbekannter Planet denken: allein, wozu auf einmal der große Raum, welcher sich zwischen Mars und Jupiter befindet, wo bis jetzt noch kein Hauptplanet gesehen wird? Ist es nicht höchst wahrscheinlich, daß daselbst noch ein von dem Erdbürger bisher nicht bemerkter Weltkörper seine ihm von der Allmacht vorgezeichnete Laufbahn durchwan-

dele?“ (ebd.) Das ist die Vermutung des ersten Planetoiden, wenn diese auch in einer Weise gelang (und fortgesetzt wurde), die Bode nicht voraussehen konnte.

Die Weiterführung der Titius-Bode-Reihe für einen transsaturnischen Planeten ergibt $4 + 192 = 196$. Die Entfernung des neuen Planeten wurde zunächst zu 18,928 Erdbahnhalbmessern berechnet, was nach der Abstandsreihe den Faktor 189,28 ergibt. Das erfüllt die Vorhersage Bodes in guter Übereinstimmung. Gestützt auf diese Berechnungen vermutete Bode die Planetennatur des angeblichen Kometen bereits sehr früh.

Das so weitgehende Eintreffen der Bodeschen Berechnung mit der Entdeckung des Uranus mußte nicht nur die Suche nach dem Planeten zwischen Mars und Jupiter anregen, sondern führte Bode auch zur Annahme der Existenz weiterer Planeten außerhalb der Uranusbahn: „Wenn die obige ordentlich fortgehende Progression in den Abständen der uns nun bekannten sieben Planeten, auf denjenigen angewendet wird, der zünächst hinter den neu entdeckten folgt, so muß derselbe wieder fast noch einmal so weit, wie dieser von der Sonne stehen, und daher glaube ich nicht, daß wir ihn jemals entdecken werden. Es darf also diese unerwartete Entdeckung eines neuen Hauptplaneten die Vorstellung nicht veranlassen, als wenn mit der Zeit noch manche derselben entdeckt werden möchten.“ ([2], S. 56 Anm.) So glänzend, wie sich der erste Teil der Prognose mit der 1846 erfolgten Neptun-Entdeckung bestätigte (wenn auch nicht mit dem Wert der Titius-Bode-Reihe), ging die Entwicklung der Wissenschaften über die angebliche Unentdeckbarkeit eines weiteren Planeten hinweg, wie jedesmal in der Geschichte der Wissenschaften, wenn Grenzen des Erkennens behauptet wurden.

Mit der Uranusentdeckung wurde zum erstenmal ein neuer Planet gefunden. Alle anderen Hauptplaneten waren bereits in grauer Vorzeit bekannt. Der Durchmesser des erforschbaren Planetensystems war mit einemmal auf fast das Doppelte erweitert.

Tabelle 1:

Bahnelemente des Uranus [9]

mittl. Entfernung	19,18228 AE
	$\approx 2570 \cdot 10^6$ km
sider. Umlaufzeit	30 685,33 Tage
	$\approx 84,0153$ Jahre
synod. Umlaufzeit	369,66 Tage
mittl. Bahngeschwindigkeit	6,8 km/s
Bahnneigung (1970 Jan. 0,5)	$0^\circ 46' 23''$,2
Länge des aufsteigenden Knotens	$73^\circ 50' 50''$
numer. Exzentrizität	0,0472367
Länge Perihel in der Bahn	$170^\circ 10' 23''$

Uranus-Beobachtungen vor Herschel

Mit einer Oppositionshelligkeit von $5^{\text{m}} 5$ liegt Uranus an der Grenze der Sichtbarkeit mit dem bloßen Auge. Deshalb schien es verwunderlich, daß die Entdeckung dieses Planeten erst im Jahre 1781 gelang. Schon kurz nachdem erste Bahnbestimmungen vorlagen, durchmusterete Bode die Sternkataloge von Tycho Brahe, Flamsteed, Hevel, T. Mayer, Lacaille und Messier, ob hier vielleicht der neue Planet als Stern verzeichnet sei. Eine deutliche Spur fand sich zunächst bei T. Mayer, der den Uranus am 25. Sept. 1756 beobachtet und als Stern 964 im Wissenschaftsverzeichnis verzeichnet hatte. Die älteste Beobachtung des Uranus stammt jedoch von Flamsteed aus dem Jahre 1690. Insgesamt fanden sich folgende Beobachtungen vor Herschel [1]:

J. Flamsteed	1690, 2. Apr. 1712, 3. Dez. 1714, 5., 6.
	11. März 1715
J. Bradley	3. Dez. 1753
T. Mayer	25. Sept. 1756
P. C. Lemonnier	12. Beobachtungen zwischen 1763 und 1769

Warum wurde die Planetennatur nicht früher entdeckt, z. B. von Flamsteed, der den Uranus im Laufe von 6 Tagen dreimal beobachtete? Der Grund liegt darin, daß die Fernrohre dieser Astronomen keine genügende Vergrößerung erlaubten, um dieses Gestirn von den umliegenden zahlreichen Sternen der 6. Größe zu unterscheiden. Herschel konnte mit einer Vergrößerung von 227fach deutlich die flächenhafte Ausdehnung des Gestirns erkennen. Die ersten Beobachter sahen mit ihren, zumeist auch noch nicht achromatischen Instrumenten mit geringer Vergrößerung, nur einen leuchtenden Punkt, wie bei allen Fixsternen. Zudem beobachteten sie jedesmal eine große Zahl von Sternen, so daß sie die veränderliche Position unterschiedlichen Fixsternen zuschrieben.

Dennoch waren diese älteren Beobachtungen des Uranus von großem Nutzen, da die Bewegung dieses Planeten nun innerhalb eines wesentlich größeren Bahnstückes bekannt war. Nur dadurch konnten z. B. so schnell die Unregelmäßigkeiten der Uranusbewegung berechnet werden, die dann zur Entdeckung des Neptun führten.

Die Uranus-Monde

Auch Herschel selbst beobachtete „sein“ Gestirn weiterhin sehr aufmerksam. So kam es, daß er am 11. Jan. 1787 in der Nähe des Uranus zwei kleine Sterne sah, die in ihrer Bewegung mit dem Planeten in Verbindung zu stehen schienen. Die Vermutung, es seien Monde des Uranus, bestätigte sich und Herschel gelang eine erste Bestimmung der Umlaufzeiten, die sich zu $08^{\text{h}} 17^{\text{m}}$ bzw. $13^{\text{d}} 11^{\text{h}} 05^{\text{m}}$ ergab ([5] und [6]). Diese Monde erhielten die Namen Titania und Oberon. Herschel irrte jedoch, als er zehn Jahre später über die Entdeckung weiterer vier Uranusmonde berichtete [6]. Hier ließ er sich wahrscheinlich durch kleine Sterne in der Umgebung des Planeten täuschen. Die weiteren drei bis heute bekannten Monde wurden erst 1851 (Ariel, Umbriel) bzw. 1948 (Miranda) von W. Lassell und G. Kuiper aufgefunden. Die Bahnneigungen der beiden zuerst gefundenen Monde bestimmte Herschel zu $89^{\circ} 48' 5''$ bzw. $91^{\circ} 01' 5''$ gegen die Uranusbahn. Die physikalischen Daten der Monde sind z. T. noch heute recht unsicher (Tabelle 2). Die Bahnneigungen zum Uranusäquator sind für alle Monde 0°.

Physikalische Erforschung des Uranus

Die Forschungen konzentrierten sich zunächst, und das verständlicherweise, auf die Bahnmerkmale des Uranus. Allerdings bestimmte schon Herschel den scheinbaren Durchmesser des Planeten recht gut mit 4'', woraus er einen etwa 4,5fachen Erddurchmesser ableitete. Da die Dichte des Uranus nicht bekannt war, wurde daraus eine 88fache Erdmasse gefolgert. Wegen der großen Entfernung von der Erde ist Uranus noch heute ein recht unbekannter Planet. Die von ihm bei uns ankommende Strahlung beträgt nur etwa ein Tausendstel von der des Jupiter. Die effektive Temperatur des Uranus wurde zu 57 K berechnet, was mit beobachteten Werten gut übereinstimmt; über eigene Energiequellen verfügt der Planet wahrscheinlich nicht. Über die chemische Zusammensetzung der Uranusatmosphäre liegen einige, durch Spektrobeobachtungen gewonnene Ergebnisse vor. Zwar hatte schon A. Secchi 1869 erste Absorptions-

Tabelle 2: Uranus-Monde [10]

Name	Mittl. Entfernung vom Planeten	sid. Umlaufzeit	Bahnexzentrizität	Radius km	V-Helligkeit in mittl. Opp.
Miranda	130 000	1,414 d	0,00	120	$16^{\text{m}} 8$
Ariel	192 000	2,520 d	0,003	350	$14^{\text{m}} 3$
Umbriel	267 000	4,144 d	0,004	250	$15^{\text{m}} 1$
Titania	438 000	8,706 d	0,002	500	$13^{\text{m}} 9$
Oberon	586 000	13,463 d	0,001	450	$14^{\text{m}} 1$

linien im Uranuspektrum beobachtet, doch gelang eine physikalische Deutung erst etwa 60 Jahre später: Methanlinien. Ein Anteil von Helium, Ammoniak und Wasserstoff wird vermutet, konnte jedoch bisher nicht nachgewiesen werden. Oberflächendetails sind auf seiner bläulichgrünen Scheibe noch nicht sicher beobachtet worden.

Nicht klar ist, ob dieser Planet eine feste Oberfläche hat. Sehr wahrscheinlich ähnelt der innere Bau des Uranus sehr stark dem des Jupiter, wofür die ebenfalls sehr geringe Dichte von $1,21 \text{ g/cm}^3$ spricht. Einem Modell zufolge besitzt Uranus einen Gesteinskern von 16 000 km Durchmesser, den eine etwa 8 000 km starke Eisschicht umgibt. Der Abschluß bildet eine äußere Hülle von molekularem Wasserstoff.

Viele physikalische Parameter sind noch nicht mit genügender Sicherheit bekannt. Wurde z. B. der Durchmesser in der bisherigen Literatur mit 47 100 km angegeben, so gilt heute der Wert von 51 800 km. Damit ist Uranus etwa 5 % größer als Neptun, bei jedoch 15 % geringerer Masse. Demzufolge ist die Dichte $= 1,21 \pm 0,04 \text{ g/cm}^3$, statt der bisher angenommenen $1,58 \text{ g/cm}^3$ (vgl. Tab. 3).

Eine wirkliche Überraschung bedeutete die Entdeckung des Uranus-Ringsystems während der Bedeckung des Sterns SAO 158 687 (Lib) am 10. März 1977 vom Kuiper-Airborn-Observatory aus [14]. Die symmetrisch zur eigentlichen Sternbedeckung verlaufenden Helligkeitsschwankungen des Sterns konnten als ein System von 5, später von 9 Ringen gedeutet werden (Abb. 5). Verglichen mit den Saturn-Ringen sind die Uranus-Ringe mit einer Breite von 12 bis 85 km extrem schmal; die Zwischenräume zwischen den Ringen sind 1000–2000 km breit. Genaue Daten konnten noch nicht gewonnen werden. Eine direkte Beobachtung scheidet aus, da, Rechnungen zufolge, die hellsten Ringkörper

Abb. 5: Interpretation der Beobachtung einer Sternbedeckung am 10. 5. 1977 durch Uranus: Entdeckung des Ringsystems (Abb. aus ApJ).

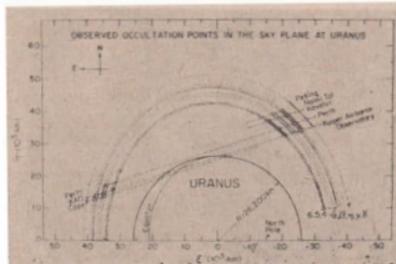


Tabelle 3: Physikalische Daten des Uranus [10]

Masse (Erde = 1)	$14,54 \sim 8,69 \cdot 10^{25} \text{ kg}$
Äquatorradius (Erde = 1)	$4,06 \sim 25900 \text{ km}$
Winkeldelmesser in mittl.	
Opposition	$3''\text{,}60$
Abplattung	0,01
mittl. Dichte	$1,21 \text{ g/cm}^3$
mittl. V-Helligkeit in Opposition	$59^m\text{,}52$
sider. Rotation am Äquator	$10^{\circ}\text{,}49^m$
Neigung der Achse	$97^{\circ}\text{,}55'$

eine Helligkeit von nur rd. 19^m haben ([11] bis [13]) und deshalb bei ihrer großen Nähe zum Planeten von seinem Licht überstrahlt werden. Neue Aufschlüsse über den Uranus sind zu erhoffen, wenn im Januar 1986 die Sonde Voyager 2 in Uranus-Nähe kommen wird.

Literatur: [1] Ahnert, P.: Beobachtungen des Uranus vor seiner Entdeckung 1781 durch W. Herschel. In: Kalender für Sternfreunde 1971, Leipzig 1971, S. 166–167. – [2] Bode, J. E.: Von dem neu entdeckten Planeten, Berlin 1784. – [3] Ders.: Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels, Berlin/Leipzig 1772 (4. Aufl.). – [4] Ders.: Über einen im gegenwärtigen 1781sten Jahre entdeckten beweglichen Stern. In: Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1784, Berlin 1781, S. 210–220. – [5] Graf v. Brühl: Astronomische Beobachtungen und Nachrichten aus England. In: Dass. für 1790, Berlin 1787, S. 173–178. – [6] Herrn Doct. Herschels Entdeckung vier neuer Uranus-Trabanten. In: Dass. für 1801, Berlin 1798, S. 231–234. – [7] Herschel, F. W.: Account of a Comet. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. LXXI, (1781), Part II, pp. 492 ff. – [8] Herrmann, D. B.: Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzsprung, Berlin 1978. – [9] Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaft und Technik, N. S., Gr. VI, Bd. I, Berlin/Heidelberg/New York 1965. – [10] Cambridge Enzyklopädie der Astronomie, Leipzig/Jena/Berlin 1978. – [11] Überraschungen bei einer Sternbedeckung durch Uranus. In: Sterne und Weltraum, 1977/5, S. 173–174. – [12] Uranus-Ringe. In: Ebd., S. 293–294. – [13] Nun auch Ringsystem um Uranus. In: Die Sterne 53 (1977), S. 242. – [14] Marx, S./W. Pfau: Sternwarten der Welt, Leipzig 1980.

Kosmologie und Philosophie

FRITZ GEHLHAR

Auf philosophische Probleme der Kosmologie stoßen wir bereits, wenn wir das Verhältnis von Kosmologie und Philosophie bestimmen wollen. Vergleichen wir das traditionelle Verständnis der Kosmologie, wie es z. B. H.-J. Treder mit den Worten „Die theoretischen Erörterungen über kosmologische Fragen erhielten den Anspruch, mathematische Modelle für das Universum als Ganzes zu geben und damit gleichzeitig auch die Geschichte des Universums zu erfassen“ ([1], S. 88) charakterisiert, mit der Definition der Aufgabenstellung der Philosophie! Auch diese wird oft mit dem Blick auf das Weltganze gegeben, beispielsweise in „Philosophischen Wörterbuch“, „Philosophie ... jede theoretisch begründete Auseinandersetzung vom Weltganzen und der Stellung des Menschen in ihm im Unterschied zu Religion (Glauben) und Mythos ...“ ([2], S. 931). Hier scheint es – zumindest

teilweise – Übereinstimmungen zu geben hinsichtlich dessen, was Kosmologie und Philosophie machen sollen. Ist das in der Tat so?

Auf die Frage nach dem Verhältnis von Kosmologie und Philosophie gibt es sehr unterschiedliche Antworten. In der bürgerlichen Literatur verbreitet ist ein Standpunkt, den der französische Physiker J. Charon in seiner „Geschichte der Kosmologie“ formuliert. Er führt einen Katalog von Fragen auf, u. a. die folgenden: „Was sollen wir Menschen in diesem unermüdlichen Universum? Was sollen wir tun, um unserem Leben, das im Vergleich zu der Ewigkeit kosmischer Zeiten nur eine kurze Spanne währt, den besten Sinn zu geben? ... ? Hat das Universum räumliche Grenzen? Hat es einen Beginn, wenn es jemals „angefangen“ hat, was war davor? ... ? Wohin führt die Evolution unseres Universums? ... Wie überwinden wir unsere Angst vor dem Tode? Endet unser Lebensweg im ewigen Nichts, oder gibt es vernünftige Gründe für unsere Hoffnung auf einen ‚anderen‘ Bereich? ... ?“

Hier werden Fragestellungen weltanschaulicher Natur und Probleme der physikalischen Kosmologie in einen Topf geworfen, im folgenden dann der Komplex von Antworten auf diese Fragen als „Kosmologie“ bezeichnet, aber im Grunde genommen als Weltanschauung charakterisiert:

„Der Mensch weiß, daß bei Lichte betrachtet sein gesamtes Dasein sich um diese Fragen dreht, und daher hat er zu allen Epochen seiner Geschichte versucht, sich Antworten auf sie zurechtzulegen ... Die Gesamtheit dieser Antworten während einer bestimmten geschichtlichen Epoche können wir als ‚Kosmologie‘ dieser Epoche bezeichnen“ ([3], S. 9).

Eine andere, der Charonschen jedoch in gewisser Hinsicht verwandte Sicht auf die Beziehung von Kosmologie und Weltanschauung bringt der Astronom, Wissenschaftsphilosoph und militante Gegner der marxistischen Philosophie J. Meurers in „Weltallforschung“ zum Ausdruck:

„Im Grunde genommen kann das ‚Eine‘ nicht erkannt werden, weil es nicht zu differenzieren ist gegen etwas anderes. Es ist wohl gegeben, erfahrbar, aber in seiner Unendifferenziertheit, in seiner Unwiederholbarkeit bleibt es unverständlich, problematisch; und es ist, wie es scheint, eine nicht aufhellbare Situation für den Intellekt, solchen Gegenständen gegenüber wie Sternehimmel, Universum, All, Kosmos“ ([4], S. 14).

Ziel dieser und anderer Meurerschen Darlegungen ist es, den Gedanken nahezulegen, daß es Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnisse gibt, daß es außer den der Wissenschaft zugänglichen noch andere Wahrheiten, etwa die der Religion, gibt. In beiden Auffassungen klingt zumindest der Zweifel an der Möglichkeit der wissenschaftlichen Erforschung kosmologischer Fragen und ihrer Abdrängen in den Bereich der „Metaphysik“, der Weltanschauung an.

Nun ist die genaue Bestimmung des Verhältnisses von Kosmologie und Philosophie (oder Weltanschauung) durchaus nicht problemlos. Auch in unserer Literatur gibt es zu bestimmten Aspekten dieser Wechselbeziehung unterschiedliche Standpunkte und Diskussionen (s. z. B. [5]). Sie ergeben sich zu einem wesentlichen Teil gerade daraus, daß verbreitet sowohl der Kosmologie als auch der Philosophie die Aufgabe gestellt wird, das „Weltganze“ zu erforschen. Mitunter wird dabei die Schlußfolgerung gezogen, daß es für die Kosmologie – im Vergleich zu anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen – ein besonderes Verhältnis zur Philosophie gibt. So schreibt R. Wahsner:

„Kosmologie und Philosophie haben beide die Welt als Ganzes zu ihrem Gegenstand. Das verknüpft sie in einer Weise, in der keine andere Naturwissenschaft mit der Philosophie verbunden sein kann. Dennoch meinen sie mit ihrer Gegenstandsbestimmung etwas Verschiedenes ...“ ([6], S. 13).

Der sowjetische Philosoph A. Tursunov bezeichnet in „Die Grundlagen der Kosmologie“ die physikalische Kosmologie als „eines der fundamentalen und eng mit der Philosophie

verbundenen Gebiete der heutigen wissenschaftlichen Erkenntnis“ ([7], S. 4). Ich sehe in diesen Auffassungen eine gewisse Problematik und möchte daher im Verlaufe meiner Ausführungen unter dem Thema „Kosmologie und Philosophie“ dazu Stellung nehmen. Zunächst werde ich die Etappen in der Entwicklung der Beziehungen von Kosmologie und Weltanschauung anhand charakteristischer Beispiele darstellen (Artikel I, II). Dann möchte ich etwas zu einem sehr wichtigen Aspekt des Wechselverhältnisses von Kosmologie und Philosophie, nämlich zur kosmologischen und philosophischen Unendlichkeitsproblematik sagen (III), um schließlich auf einige erkenntnistheoretische-methodologische Aspekte der Kosmologie einzugehen (IV, V).

Kosmologie – Weltanschauung – astronomisches Weltbild

Vom Mythos zur theoretischen Welterklärung

Der Mythos

ist die erste Form kosmologischen Denkens. Als die Menschen anfingen, sich denkend um ihr Selbstverständnis zu bemühen, als sie versuchten, sich ein Bild vom Weltganzen und ihrer Stellung in diesem zu machen, erlaubte das Fehlen theoretischen Denkens es ihnen nicht, sich über ihre unmittelbare Vorstellungswelt zu erheben. Somit konnten sie nur zu einem Bild vom „Makrokosmos“, der Welt im Großen, kommen, indem sie es in Analogie zu ihrer Erlebniswelt, dem „Mikrokosmos“, entwarfen. Es sei noch einmal an Hesiods mythologische Dichtung erinnert. In ihr wurde die Entstehung von Chaos, Erde, Nacht, Tag, Himmel, der Berge, des Meeres usw. als Genealogie des Göttergeschlechts dargestellt ([8], S. 73).

Nach der altägyptischen Mythologie kommt der Wechsel von Tag und Nacht auf das Konto der Himmelsgöttin Nut (Abb. 1):

„Sie stützt sich auf Zehen- und Fingerspitzen, und ihr Leib wölbt sich als Firmament über die Erde. Aus ihrem Schoß gebiert sie morgens die Sonne wie ein Kind. Dann wandert die Sonnenscheibe über den Leib der Göttin nach Westen, bis sie am Abend von Nut wieder verschlucht wird. Nachts kehrt das Gestirn zum Schoße der Göttin zurück, um in der Frühe erneut ‚zwischen ihren Schenkeln‘ aufzuleuchten. In der Nacht werden die Sterne auf Nuts Körper sichtbar, in dem sie sich tagsüber verbergen.“ ([9], S. 124 und 125).

Gemäß einer anderen Variante (Abb. 2) fuhr die Sonne am Tage in einem Schiff über den Himmel, stieg nach Sonnenuntergang in ein anderes Schiff um und fuhr mit diesem unter der Erde im „Urmee“ zum Ausgangspunkt zurück ([9], S. 185ff).



Abb. 2: aus [9], S. 185 (re.).

Abb. 1: aus [9], S. 125 (li.).

Die Geschichte der Kosmologie ist ganz wesentlich eine Geschichte der Überwindung des Mythischen bei der Erklärung der Welt im Großen. Auch wenn der Mythos das Bestimmende gerade in der ersten Etappe des kosmologischen Denkens war – ausgestorben ist er bis heute noch nicht. Immer wiederkehrende Versuche, Lücken in der Erkenntnis des Weltalls auszunutzen, um einem Schöpfergott und seinem Wirken einen Platz anzuzuweisen, zeugen davon. So deutet zum Beispiel P. Jordan in dem 1972 erschienenen Buch „Erkenntnis und Bestimmung“ die kosmologische Singularität als den Moment der Weltschöpfung, den „Urknaß“ des Weltbeginns“, den die „großen Radargeräte der „Radio-Astropomie“ ... heute noch „hören“ können (zit. in [10], S. 607).

Die theoretische Spekulation der Naturphilosophie

Mit dem Entstehen und der Entwicklung des theoretischen Denkens in Gestalt der antiken Philosophie wurde der erste entscheidende Schritt zur Überwindung des Mythos getan. Im Rahmen der spekulativen Konstruktionen der ersten Philosophen wurde versucht, eine rationale Erklärung der Welt zu geben, d. h. „nicht vermeintliche Sachen und Sachverhalte wie der Mythos abzubilden, sondern die Dinge in ihrer Objektivität zu erfassen und aus sich selbst zu erklären“ ([11], S. 46). „Diese Philosophie ... begann als Spekulation über den Kosmos. Was im Mythos Theogonie war, wurde Kosmogenie“ ([11], S. 51). Auf die Weltbilder der antiken Atomisten, von Aristoteles und Ptolemäus bin ich bereits eingegangen ([8], S. 73/74). Daher soll an dieser Stelle eine Skizze des ersten kosmologisch-kosmogonischen Modells der (europäischen) spekulativen Naturphilosophie wiedergegeben werden.

Für Anaximander (etwa 610 – 545 v. u. Z.) war das „*Apéiron*“ (das „Unbestimmte“, „Unbegrenzte“) der Urgrund allen Seins. Aus diesem hat sich zunächst das Warme und das Kalte ausgesondert. Dieses Gegensatzpaar ist der Ausgangspunkt zur Bildung der Welten, damit auch unseres Kosmos gewesen. Er röhrt aus einer feuchtkalten Masse her, „die sich später in Erde, Wasser und Luft gegliedert hat und von einer Feuersphäre umgeben war. Ausdünstungen dieser Masse haben die Feuersphäre in zahllose Ringe gespalten und das Feuer wie in Schläuche eingeschlossen. Sonne, Mond und Sterne sind die der Erde zugekehrten Schlauchlöcher, durch die das Feuer hervorleuchtet. Durch die Gestirnringe aber war die Himmelshalbkugel zur Vollkugel komplettiert. Nun brauchten die untergegangenen Sterne nicht mehr auf dem peripheren Ozean zurückzuschwimmen. Mit dieser Revolution im Weltbild war auch ein totales Umdenken über die Erde verbunden, ein Abwenden von der eingewurzelten Vorstellung „Die Erde ist unten“. Im sphärisch konzipierten Kosmos bleibt ihr nur der Platz im Zentrum ... In dieses Weltbild paßt eigentlich nur eine kugelgestaltige Erde, eine Konsequenz, die aber erst die Pythagoreer oder Parmenides zogen. Anaximander dagegen hält sie für einen Zylinder, dessen Höhe ein Drittel des Durchmessers der Grundflächen betrage. Diese seien gewölbt; auf der einen lebten wir ... Nächst der Erde kommt der Fixsternhimmel, dann der Ring des Mondes und, am weitesten entfernt, der der Sonne ...“ ([11], S. 58).

So naiv und verwunderlich diese Darstellung uns im einzelnen erscheint, vom Grundsätzlichen her bedeutet sie einen gewaltigen Fortschritt im menschlichen Denken. Anaximander begründete die Idee einer natürlichen Ordnung im Kosmos, gab eine Weltklärung, nach der das Schicksal

der Menschen nicht von den Launen und Auseinandersetzungen der Götter abhängig, sondern durch diese Ordnung im Kosmos bestimmt ist.

Abb. 3 zeigt die aus einer Vorlage des Anaximander entwickelte Weltkarte des Hekataios (Ende des 6. Jh. v. u. Z.). Auch hier wird die eigentümliche Mischung von Verarbeitung der Erfahrungen und geometrischer Spekulation deutlich ([11], S. 54–56).

Mythisches und theoretisch-spekulatives Weltbild als Weltanschauung

Waren also die ersten Kosmologien mythisch-religiöser Natur, so stellten die aus dem philosophischen Denken resultierenden Kosmologien rationale Konstruktionen von astronomischen Weltbildern dar. Den mythischen und philosophisch-spekulativen Weltbildern war jedoch gemeinsam, gedankliche Erfindungen zu sein, die ein weltanschauliches Bedürfnis zu befriedigen hatten, aber nicht den Anspruch erheben konnten, auf empirischen Ergebnissen fußende Abbildungen wirklicher Verhältnisse darzustellen. Zwar wurden zu jener Zeit zum Zwecke der Kalenderrechnung, der Orientierung in der Schifffahrt und der astrologischen „Voraussagen“ intensive Beobachtungen der Gestirne betrieben, diese standen aber in keinem echten Zusammenhang zu den aus weltanschaulichen Motiven heraus erdachten astronomischen Weltbildern.

Wissenschaft bedeutet heißt, die wirklichen Erscheinungen und Prozesse aus ihrem eigenen Zusammenhang zu erklären. Das verlangt, auf der Grundlage empirischer Daten theoretische Konstruktionen zu finden, die den Anspruch erheben können, Abbildungen von objektiven Gesetzen zu sein; die somit gestatten müssen, besagte Daten zu erklären und weitere, an der Realität überprüfbare Schlußfolgerungen abzuleiten. Hierzu gab es in der Antike nur erste Anfänge, vor allem in der Mechanik (Hebelgesetze, Begriffe des spezifischen Gewichts, des Schwerpunkts usf.) und der Astronomie (geometrische Modelle der Bewegung der Himmelskörper). Wir sahen am Beispiel des Versuchs von Aristoteles, sein Weltbild physikalisch zu begründen, daß es in der Antike nicht gelang, entscheidende physikalische Zusammenhänge richtig zu sehen ([8], S. 74). Die falsche Dynamik (Erklärung der Bewegungen) und die idealistische Interpretation des Unterschiedes zwischen irdischen und himmlischen Bewegungen, die Rolle des „Ersten Bewegers“ usf. stützten einander zumindest. „Das geozentrische System hatte den Augenschein für sich“ ([12], S. 48) und konnte damit scheinbar zu Recht von sich sagen, die natürliche Erklärung



Abb. 3: aus [11], S. 58.

des Kosmos zu geben. Das allein erklärt jedoch ungenügend die Vorherrschaft dieses Weltbildes in Antike und Mittelalter. In seinen idealistischen Komponenten hatte es die gleiche weltanschauliche Funktion wie der religiöse Mythos. Es malte einen Kosmos, in dem der Mensch im Mittelpunkt stand, der um den menschlichen Lebensbereich, die Erde, herum und um des Menschen willen bestand. Wenn Charon über die Bilder des Mythos sagt, daß die Kosmologie darin besteht, „daß der Mensch sich ein ‚tröstliches Universum‘ vorstellt, in dem er sich wie ein Kind in den schützenden Armen seiner Mutter bewahrt weiß“ ([3], S. 11), so gilt dies im wesentlichen auch für jenes Weltbild. (Auf die Symbolisierung und Sanktierung hierarchischer gesellschaftlicher Strukturen durch das aristotelische Weltbild habe ich schon verwiesen. [8], S. 74)

Auch die materialistischen Gegenkonzeptionen zum räumlichen endlichen, geozentrischen Weltbild wurden in erster Linie mit weltanschaulichen Begründungen entwickelt. Wie es Lukrez in „*De rerum natura*“ ausdrückte, ging es dem Materialismus der Atomisten darum, eine natürliche Erklärung der Welt zu geben, um die Menschen von Götter- und Todesfurcht zu befreien. Neben naturtheoretischen Überlegungen, die z. T. heute noch ihre Bedeutung haben, war der entscheidende Beweisgrund für die Annahme eines unendlichen Universums und der Vielheit der Welten das Motiv, das Existieren und Wirken der Götter des Mythos und der idealistischen Philosophie undenkbar zu machen.

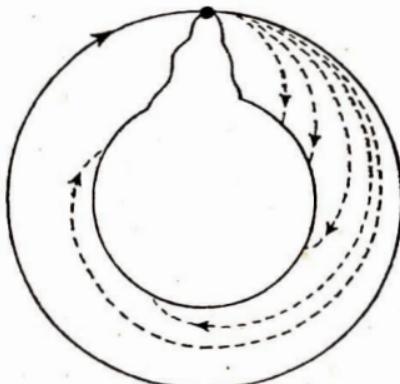
Der Übergang von der naturphilosophischen Spekulation zur physikalisch begründeten Fragestellung

Noch bei G. Bruno (1548–1600) ist, wenn er die Konsequenzen aus dem copernicanischen Entwurf eines neuen astronomischen Weltbildes zieht, diese Art des Philosophierens die charakteristische Denkweise. Auch R. Descartes (1596 bis 1650), einer der großen Wegbereiter der klassischen Mechanik, steht weitgehend in der Tradition der spekulativen Naturphilosophie. Bei dem Versuch, die Entstehung unseres Sonnensystems auf natürliche Weise zu erklären, überbrückte er die fehlende Naturerkenntnis durch speulative Konstruktionen, – ganz im Gegensatz zur I. Newton (1643–1727), der auch bei denjenigen theoretischen Ergebnissen, die ihm nicht geheuer waren (wie das scheinbare Fernwirken der Gravitation) betonte: „Hypothesen (sprich „Spekulationen“) erdenke ich nicht“ ([13], S. 132).

Copernicanische Wende

Goethes eindrucksvolle Worte, mit denen er die gewaltige weltanschauliche Herausforderung, die durch die Lehre des Copernicus erging, kennzeichnete, sind bestimmt bekannt. Lassen wir einmal B. H. Bürgel zu Worte kommen: „Nikolaus Kopernikus schleuderte die Erde mit mächtiger Hand aus dem Mittelpunkt der Welt, machte sie zu einem Stern unter Sternen, zu einem verschwindenden Tropfen im Ozean der Welten, dessen leuchtende Wellen die unerlöse Unendlichkeit durchwogen. – Und der kleine Mensch, festgebunden an dieses Sandkorn, er erhobt es mit der Kraft seines Geistes . . .“ ([14], S. 3).

Abb. 4



Indem Copernicus im astronomischen Weltbild die Erde aus dem Weltmittelpunkt rückte, hob er in der Konsequenz den Gegensatz von Erde und Himmel auf, machte die Erde zu einem der vielen kosmischen Körper. Galilei, der als erster das Fernrohr auf den Himmel richtete, konnte dadurch gewichtige Belege für die natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper erbringen. Kepler präzisierte durch seine Planetengesetze das copernicanische System in dem Maße, daß seine höhere Leistungsfähigkeit bei der Berechnung der Planetenbahnen garantiert war. Vor allem aber stellten diese Gesetze zusammen mit Galileis Fallgesetz das entscheidende Ausgangsmaterial Newtons bei der Begründung der klassischen Mechanik dar. Bei der Suche nach den Planetengesetzen hatte sich Kepler – wie eine Reihe anderer Forscher (vgl. [12], S. 92/93) – Gedanken über die Natur der Anziehungskraft der Sonne gemacht.

Erste kosmologische Überlegungen auf der Grundlage eines entdeckten Naturgesetzes

gingen von den Erkenntnissen der Newtonschen Mechanik aus. Das ihr zugrunde liegende mechanische Bewegungsgesetz und das Gravitationsgesetz ermöglichten sowohl die Ableitung der Keplerschen Gesetze als auch des Galileischen Fallgesetzes. Damit war erwiesen, daß die irdischen wie die Körper des Himmels sich nach den gleichen Gesetzen bewegen. Für den amerikanischen Astronomen Ch. Whitney ist die aus einer Arbeit Newtons stammende Zeichnung (Abb. 4) die „bemerkenswerteste Zeichnung der ganzen Wissenschaftsgeschichte“. Sie zeigte die Tiefe der Vorstellung Newtons von der Bewegung, und zugleich enthalte sie die erste Voraussage darüber, daß der Mensch irgendwann einmal einen künstlichen Satelliten auf eine Umlaufbahn um die Erde bringen werde ([15], S. 43–45). – Die Zeichnung zeigt schematisch die Bahnen, die die von einer auf einem hohen Berg aufgestellten Kanone abgefeuerten Geschosse nehmen. Ihre Weite hängt vom Anfangsimpuls ab. Ist dieser genügend groß, dann fällt die Kugel nicht auf die Erde zurück, sondern gelangt auf die erwähnte Umlaufbahn um die Erde.

Vom Prinzip her gibt dieses Schema auch das Wesen der Planetenbahnen wieder. Auf Grund der Einsicht in die Universalität und den weitreichenden Charakter der Gravitation gelangte Newton auch zu Überlegungen über die Beschaffenheit des Weltalls als Ganzem. Für ihn stellte sich die Frage so: Wie ist die Materie im unendlichen, von ihr unabhängigen (absoluten) Raum verteilt? Beim Versuch einer Antwort auf diese Frage unterschied er zwei denkbare Fälle.

1. Es könnte eine endliche Materiemenge in einem endlichen Teil des Raumes verteilt sein. Diese Materie würde sich unter dem Einfluß ihrer Eigengravitation zu einer kompakten, sphärischen Massenansammlung zusammenballen. Das ist nicht das Bild, das die Struktur unseres Weltalls wiedergibt.

2. Eine der Masse nach unendliche Materie sei über den ganzen, unendlichen Raum verteilt. Sie könnte sich nicht zu einer einzigen Massenansammlung zusammenballen, wohl aber zu unendlich vielen, gewaltigen sphärischen Körpern. Unter diesen können wir uns die Fixsterne vorstellen (vgl. [16], S. 85/86).

Allerdings ist dieser Fixsternkosmos nicht stabil. Zudem ist das Gravitationspotential in seinen Raumpunkten unbestimmt (Gravitationsparadoxon). 1823 hat dann noch W. Olbers (1758 bis 1848) das optische Paradoxon der Newtonschen Kosmologie formuliert. Nach ihm müßte der Nachthimmel taghell sein. Newtons kosmologische Überlegungen zeigten somit eine Reihe von Problemen, die diejenigen, die sich mit der Erforschung der Struktur des Kosmos befaßten, bis zur Schaffung der relativistischen Kosmologie durch Einstein beschäftigten.

Literatur: [1] H.-J. Treder, Relativität und Kosmos, Berlin/Oxford/Braunschweig 1968. – [2] G. Klaus/M. Bühr (Herausg.), Philosophisches Wörterbuch, Leipzig 1974. – [3] J. Charon, Geschichte der Kosmologie, München 1970. – [4] J. Meurers, Weltallforschung, Meisenheim am Glan 1971. – [5] Astronomie – Methodologie – Weltanschauung (Sammelband) Moskau 1979; russ. – [6] R. Wahnsner, Gedanken über das Verhältnis der Astronomie zur Philosophie, Astronomie und Raumfahrt, Heft 1/1977. – [7] A. Tursunov, Die Grundlagen der Kosmologie, Moskau 1979, russ. – [8] F. Gehlhar, Die Durchsetzung des Entwicklungsgedankens in der Astronomie, Astronomie und Raumfahrt 18 (1980) 3. – [9] R. Dröller, Als die Sterne Götter waren, Leipzig 1976. – [10] H. Hörr/H.-J. Treder, Neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse über den Kosmos in weltanschaulicher Sicht, Einheit 32 (1977) 5. – [11] F. Jürs, Von Thales zu Demokrit-frühe griechische Denker, Leipzig/Jena/Berlin. – [12] D. B. Herrmann, Entdecker des Himmels, Leipzig/Jena/Berlin 1978. – [13] H.-H. Borzeszkowski/R. Wahnsner, Newton und Voltaire, Berlin 1980. – [14] B. Bürgel, Aus fernen Welten, Berlin/Wien 1910. – [15] Ch. Whitney, Die Entdeckung unserer Galaxis, russ. Ausgabe, Moskau 1975. – [16] A. Tursunov, Vom Mythos zur Wissenschaft. Die Evolution des kosmologischen Weltbildes, Moskau 1973, russ.

KURZBERICHTE

Drebach lädt wieder ein

Vom 3. bis 10. August 1981 führt die Volkssternwarte Drebach im Auftrage des ZFA Astronomie im Kulturbund der DDR erneut ein astronomisches Jugendlager durch. Teilnahmeberechtigt sind Jugendliche im Alter von 16 bis 21 Jahren, die bisher keine oder nur geringe praktische Beobachtungserfahrung haben.

Die Unterkunft erfolgt bei Vollverpflegung in der der Sternwarte benachbarten Schule. Die Kosten für Unterkunft und Verpflegung betragen etwa 35 M. Fotomaterialien werden kostenlos zur Verfügung gestellt.

Das Programm ist auf den genannten Teilnehmerkreis abgestimmt:

- Umgang mit verschiedenen Fernrohren und Nebengeräten
- visuelle Beobachtung mit Fernrohren von 68 mm bis 300 mm Öffnung
- Astrofotografie mit verschiedenen Kameras
- Lichtbildvorträge zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt
- Exkursion zur Schulsternwarte Marienberg und zum Fichtelberg.

Ausführliche Auskünfte werden nach Anmeldung erteilt. Anmeldungen sind bis 15. 6. 81 zu richten an die Volkssternwarte Drebach.

Müller, Leiter der Sternwarte

Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen – November/Dezember 1980

Tag	November	Dezember
1	183	171
2	218	176
3	204	152
4	211	146
5	201	152
6	172	132
7	175	108
8	201	124
9	179	135
10	158	145
11	144	148
12	120	178
13	103	185
14	108	213
15	92	225
16	112	237
17	109	198
18	113	183
19	125	166
20	112	171
21	107	170
22	119	178
23	112	177
24	128	191
25	137	200
26	140	208
27	154	206
28	167	206
29	148	208
30	153	187
31		182
Mittel:	146,5	176,1

A. ZELENKA/A. KOECKELENBERGH

Eine Sternstunde für unsere junge Generation

Der Sieg über den Hitlerfaschismus vor mehr als 35 Jahren beeinflußte nicht nur in weltweiten Maßstäben den allgemeinen Gang der Zeitgeschichte, er wirkte auch tiefgreifend auf die persönliche Lebensgeschichte junger Menschen dieser Zeit. Die junge Generation beschritt den Weg der antifaschistisch-demokratischen Neuorientierung von 1945 auch auf dem Gebiet der populärwissenschaftlich-astronomischen Arbeit. Im Artikel von Dr. K. Lindner („Ein Vierteljahrhundert“, AuR 1980/1) wird von der Entwicklung des ZFA seit 25 Jahren und der bereits vorher unternommenen Zusammenarbeit der Sternfreunde in der damaligen sowjetischen Besatzungszone berichtet. Ein Pionierbeispiel der ersten Anfänge vor 35 Jahren war die Gründung der astronomischen Arbeitsgemeinschaft der FDJ am 19. Dezember 1945 im Jugendklubhaus Bautzen. Schnell aufstand daran die 1. FDJ-Sternwarte! Wir, die Mitarbeiter der ersten Jugendsternwarte, sind stolz darauf, beim Aufstieg aus dem Chaos der Nachkriegszeit beteiligt gewesen zu sein – und sei es nur auf dem Gebiet der Amateurastronomie. Heute blicken wir mit einem verzerrten Neid, aber auch mit Stolz auf die jetzigen amateurastronomischen Einrichtungen, deren Technik und dem modernen Stand astronomischer Wissenschaft entsprechenden Können, auf die Unterstützung durch unseren sozialistischen Staat. Mössen wir doch diese beeindruckende Entwicklung mit den tastenden Anfängen von 1945 vergleichen. Die Gründung der FDJ-Sternwarte Bautzen war zugleich ein Stück Klassenkampf: die ideologische und politische Trennung von bürglerischen Vereinigungen und Schulbetrieb auf diesem Gebiet. Wir unternahmen erste Gehversuche in marxistischer Philosophie und dialektischem Materialismus, und wie oft mußte ein fehlendes gediegene Instrumentarium sowie mangelnde Erfahrung durch eine jugendgemäße Begeisterung ersetzt werden. Wie schwer del uns das „Große Saubermann“ in den eigenen Köpfen. Treue Freunde halfen uns. Mit Hochachtung erinnern wir uns an den damaligen FDJ-Sekretär und erfahrenen Genossen Mirtschin, den Kulturoffizier von der sowjetischen Kommandantur, Major Kowner, und seiner hilfreichen Mitarbeiter, an die Unterstützung durch den Rat der Stadt und der Landesregierung in Dresden. Viele Namen müßten von diesen Pionieren der Amateurastronomie der Jahre 1945/46 genannt werden.

Blättert wir in einem Arbeitsbericht der damaligen Zentralstelle der astronomischen Arbeitsgemeinschaften, FDJ-Sternwarte Bautzen (1948): „Seit Oktober 1946 wird eine astronomische Zeitschrift herausgegeben, die den Namen „Sonderausgabe für den Sternfreund“ trägt. Der „Sternfreund“ soll vor allen Dingen dazu beitragen, die astronomischen Kenntnisse des Laien zu erweitern und gleichzeitig auch Beweis von der populären und wissenschaftlichen Arbeit der Sternwarte sein. Schon seit den ersten Entwicklungstufen der Sternwarte begannen die wissenschaftlichen Beobachtungen von Sonne, Jupiter, Mars, Meteoren und des Wetters. Eines der Hauptaufgabengebiete ist die regelmäßige Überwachung der Sonnenflecken und damit die Feststellung der Sonnenfleckenzahl. Die Sternwarte kann auf mehrere Beobachtungsreihen zurückblicken.“

Ein im letzten Jahr besonders beobachtete Objekt war der Planet Jupiter. Eine Anzahl Oberflächenzeichnungen konnten zur weiteren Auswertung der Berliner Sternwarte zugeführt werden. In der Meteororschau unserer Sternwarte werden die Meteorströme ... einer ständigen Überwachung unterzogen. Die ausgewerteten Arbeiten werden zu weiterer Untersuchung an die Sternwarte Sonnenberg ... übersandt. Dem Weiternetz der Bautzener FDJ-Sternwarte sind meteorologische Stationen angeschlossen, die das Wetter registrieren und zur Auswertung an die Wetterstation unserer Sternwarte leiten. ... Organisatorische Arbeiten:

Die Zentralstelle der Astronomischen Arbeitsgemeinschaften bildete sich ... Das Ziel ... war die Errichtung von Astronomischen Arbeitsgemeinschaften und FDJ-Sternwarten in der (damaligen) Ostzone.“

In einer anderen Veröffentlichung heißt es: „Endlich war man soweit, daß man die Optik für ein 8-Zoll-Spiegelteleskop mit einer Brennweite von etwa 2 m Newtonscher Konstruktion sein Eigen nennen konnte. Nun mußte mit dem Bau eines Instrumentenraumes begonnen werden. Bei härtester Kälte (1946) wurde ein Loch von 2 mal 2 m in ein Flachdach gerissen, mit Holz an den Seiten verkleidet und mit zwei großen Klappen verschließbar gemacht. Im Oktober des Jahres 1947 wurde der Bau einer zweiten Beobachtungsplattform in Angriff genommen und die dazugehörigen Räume abgegrenzt. Die Instrumente (ein Doppelrefraktor – bestehend aus einem 4-Zoll-Kometensucher und einem 2½-Zoll-Refraktor mit Ringmikrometer) wurden auf eine ... Eisensäule montiert und unter einer dreibaren Kuppel aufgestellt. Auch die Werkstatt wechselte ihren Platz. An deren Stelle zog die meteorologische Station mit ihren Instrumenten ein. Der Übungsräum wurde, da die Teilnehmerzahl zu den Kursen groß war, einen Stock tiefer verlegt und der alte Raum in ein kleines Physiklabor mit Dunkelkammer umgewandelt. Im ganzen umfaßt die Sternwarte z. Z. etwa 230 m² Bodenfläche. ... Astronomiebegeisterte Jugendliche haben ... eine eigene Sternwarte errichtet, obwohl sich die größten Schwierigkeiten mannigfacher Art entgegengestellt hatten. ...“

Es ließen im vergangenen Jahr einige Kurse für Astronomie und ein mathematischer Kursus für Fortgeschrittenen ... Verschiedene öffentliche Beobachtungen sorgten dafür, daß auch weitere Volkskreise Gelegenheit hatten, die Wunder des Weltalls in den Fernrohren zu betrachten. Etwa 4000 Besucher konnten gezählt werden, von denen 60% Jugendliche waren.“

Dies sind Auszüge aus einem damaligen Arbeitsbericht, die in wenigen Zügen ein Stück „Steinzeit“ astronomischer Amateurarbeit der Jugend wiedergeben mögen. Wird man uns verzeihen, daß wir in unserer Begeisterung manchmal auch leichtsinnig über das Ziel hinausschossen? Wir erfreuten uns der kammeradschaftlichen Unterstützung und Lenkung des 1979 leider verstorbenen Amateurastronomen Edgar Otto Sen. Er besuchte unsere FDJ-Sternwarten trotz schwieriger Verkehrsbedingungen in Bautzen, Neukirch/Laus. und Görlitz. Manche seiner schriftlichen Arbeiten veröffentlichten wir in unserem „Sternfreund“. Im Heft 16 (1948) schrieb er in Erinnerung an sein im faschistischen Krieg zerschmolzenes kostbare Beobachtungsinstrumentarium: „Sorgen wir dafür, daß nie wieder Spiegel und Linsen im Flammenmeer eines Krieges zu gläsernen Tränen werden!“ Wie aktuell sind auch heute diese Worte für die Amateurastronomen in der DDR.

ROLF FRIEDMANN

AUS d. LITERATUR

Die nächsten Galaxien

Das Milchstraßensystem ist Mitglied der Lokalen Gruppe, der insgesamt etwa 20 bekannte weitere Sternsysteme angehören. De Vaucouleurs berichtete vor kurzem in „Astronomical Journal“ über seine neusten Bestimmungen von Entfernungen der nächsten Galaxien. Von ihm wurden folgende Entfernungsbestimmungsmethoden angewendet:
 - Cepheiden: Für Cepheiden-Veränderliche gibt es einen Zusammenhang zwischen der absoluten Helligkeit und der Periode. Somit kann man aus der Periodenbestimmung die absolute Helligkeit berechnen und aus der Kenntnis der scheinbaren Helligkeit die Entfernung ableiten.

- Novae: Es ist bekannt, daß alle Novae 15 Tage nach dem Maximum eine photographische absolute Helligkeit von etwa -5 $\frac{1}{2}$ haben. Diese Tatsache ist unabhängig davon, ob es sich um schnelle oder langsame Novae handelt.

- Überriesen der Spektralklassen B und A: Für diese Sterne ist ebenfalls die absolute Helligkeit sehr gut bekannt.

Danach ergeben sich für die nächsten Galaxien die folgenden Entfernungswerte:

Große Magellansche Wolke	$46000 \text{ pc} \approx 150000 \text{ ly}$
Kleine Magellansche Wolke	$53000 \text{ pc} \approx 173000 \text{ ly}$
NGC 6822 (Irreguläre Zwerggalaxie)	$560000 \text{ pc} \approx 1,8 \cdot 10^6 \text{ ly}$
IC 1613	$640000 \text{ pc} \approx 2,1 \cdot 10^6 \text{ ly}$
Andromedanebel M 31	$651000 \text{ pc} \approx 2,12 \cdot 10^6 \text{ ly}$
M 33	$720000 \text{ pc} \approx 2,35 \cdot 10^6 \text{ ly}$

Diese Entfernungswerte sind um etwa 15% kleiner als die vor kurzem von Sandage und Tamman mitgeteilten Daten. Die Ursache liegt in einer unterschiedlich berücksichtigten interstellaren Extinktion.

Das Tunguska-Ereignis von 1908 und der Komet Encke

Am 30. Juni 1908 ereignete sich der Zusammenstoß der Erde mit einem kosmischen Körper. Das Ereignis wurde von vielen seismischen Stationen der Erde registriert. Das Explosionsgeräusch wurde noch in 1000 km Entfernung wahrgenommen. Zahlreiche Verwüstungen am Waldbestand markierten die Stelle des Zusammenstoßes. Da keine Rückstände von dem kosmischen Körper gefunden wurden, war das Spektrum der Erklärungen für das Ereignis in der Vergangenheit sehr breit und neben wissenschaftlichen Arbeiten gab es viele spekulative Deutungen.

Der tschechische Astronom Kresak gibt im BAC nun eine neue Deutung für dieses Ereignis. Er nimmt an, daß ein Teil des Kometen Encke die Ursache für die Erscheinung war. Dieser Komet soll sich vor etwa 1000 Jahren getrennt haben und ein vom Kern abgesplittetes Stück mit der Erde kollidiert sein. Auf diese Ergebnisse kommt Kresak aus Bahnberechnungen. Seiner Meinung nach sollte die Dichte des Körpers bei $\approx 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ liegen, also etwa die Dichte von Eis haben. Der Durchmesser des Körpers beträgt ungefähr 100 m und er wurde etwa 10 Sek. vor dem Aufschlag vollkommen zerstört.

Ergänzt wird diese Auffassung von dem sowjetischen Astronomen Branshten, der bereits 1975 für den Körper eine Masse von 10^4 bis 10^5 kg berechnete und eine Explosion in 5 bis 7 km Höhe annahm.

Flare Sterne im Orion

Auf Aufnahmen des 40" und des 21" Schmidt-Teleskopos der Sternwarte Bjurakan wurden im Sternbild Orion von 1962 bis 1977 neun Flare Sterne entdeckt. Die geringsten Helligkeiten (m) dieser Objekte lagen zwischen 16 $\frac{1}{2}$ und 20 $\frac{1}{2}$. Die aufgetretenen Helligkeitsschwankungen (Δm) betragen 1 $\frac{1}{2}$ bis 6 $\frac{1}{2}$.

In den vergangenen drei Jahren entdeckten Wissenschaftler des gleichen Observatoriums fünf neue Flare Sterne in einem 16" Feld, welches das Objekt NGC 7000 enthält. Die minimalen Helligkeiten (m) dieser Sterne lagen zwischen 17 $\frac{1}{2}$ und 21 $\frac{1}{2}$, wobei Helligkeitsschwankungen von 0 $\frac{1}{2}$ bis 3 $\frac{1}{2}$ aufraten.

Literatur: IAU Inf. Bull. en variable stars Nr. 1628, 1629

Intelsat – Erdgefunkstelle in Polen

In Psary, rund 180 km südlich von Warschau, errichtet die VR Polen eine Erdgefunkstelle für den Nachrichtenverkehr über Intelsat-Satelliten. Die mit einer 32 m-Parabolantenne ausgestattete Station entspricht dem Intelsat-Standard A. Sie soll vor allem dazu dienen, über einen im Atlantikbereich stationierten Intelsat-Satelliten den Fernmeldeverkehr mit dem nordamerikanischen Kontinent abzuwickeln, wozu in der ersten Phase 15 Verbindungen zwischen Polen und Kanada hergestellt werden. Später sollen Fernmeldeverbindungen auch mit europäischen, afrikanischen und lateinamerikanischen Ländern hergestellt werden. Die Inbetriebnahme der Erdgefunkstelle ist für Sommer 1981 geplant.

Literatur: nachrichten-elektronik, 34(1980) 7, S. 227

Projekt „Sunsat“

Der bereits vor 10 Jahren gemachte und seitdem umstrittene Vorschlag eines „Sunset“-Satelliten zur Gewinnung elektrischer Energie aus Sonnenenergie im Weltraum wird in den USA erneut ernsthaft diskutiert.

Der etwa 100000 Tonnen schwere „Sunsat“ soll ein Solarzellennetz von $24 \text{ km} \times 4,8 \text{ km}$ Ausdehnung haben, das mit rund 14 Milliarden Sonnenzellen belegt ist. Die Ausgangsleistung des Satelliten liegt bei 10000 MW und wird mit Mikrowellen zur Erde übertragen, wo sie $8 \text{ km} \times 18 \text{ km}$ große Antennen aufnehmen und gleichrichten. Die Kosten pro Kilowatt sollen insgesamt etwa 20% niedriger sein als bei Kernkraftwerken. Für das Gesamtprojekt sind 25 Millionen Dollar veranschlagt (davon 10 Mio. Dollar für den Satelliten), die jedoch noch nicht bewilligt sind.

Atommülldeponie im Weltraum?

Die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA hat dem Luft- und Raumfahrtkonzern Boeing einen sich über 4 Jahre erstreckenden Studienauftrag erteilt, in dessen Rahmen die Möglichkeiten und Bedingungen für eine künftige Deponie von Atommüll im Weltraum untersucht werden sollen. Zu den zu diskutierenden Fragen gehören u. a. der „optimale Ort“ im Kosmos (Umlaufbahn um die Sonne, Abschuß in ein fremdes Sonnensystem) sowie die sicherhe Startmethode einschließlich erforderlicher Sicherheitsmaßnahmen bei einem Fehlstart.

Berichtigungen zu Heft 1/1918

Bedauerlicherweise wurden in Heft 1 einige Fehler bei der Korrektur übersehen. Wir bitten unsere Leser, folgende Richtigstellungen zu berücksichtigen:

Bildseite II, Abb.-Text zu III a: statt aus 11 richtig 13 Einzelzeichnungen.

S. 23, II. Sp., S. Z. v. o.: anstatt NEB richtig **SED**
S. 24, II. Sp., 15. Z. v. u.: richtig „... bzw. 3. Mai“.

S. 32, Unsere Autoren: H. J. Blasius, 8053 Dresden

Die Redaktion

REZENSIONEN



Physik der Sterne

In dem 248 Seiten umfassenden Band 45 der vom Teubner-Verlag herausgegebenen „Kleinen Naturwissenschaftlichen Bibliothek“ beschreibt der Verfasser die Theorie des inneren Aufbaus und die Entwicklung der Sterne. Die Atmosphären von Sternen werden nicht betrachtet, da dafür spezielle mathematische Kenntnisse erforderlich sind. Diese würden aber den allgemeinverständlichen Charakter des Buches stören. Verfasser des Buches ist der 1977 verstorbene sowjetische Astrophysiker Kaplan – einer der auf diesem Gebiet führenden Wissenschaftler der Welt. Bereits drei russische Auflagen sprechen für die gute Qualität des Buches. Die einfache Darstellung komplizierter Probleme hat Kaplan sehr gut gelöst, und die Leser der ersten deutschen Auflage werden den Stil des Autors schätzen lernen. Das Buch ist für alle geeignet, die sich für die physikalischen Hintergründe astrophysikalischer Probleme interessieren. Mathematische und physikalische Kenntnisse der 10. bis 12. Klasse werden für einige Sachverhalte benötigt. Im großen und ganzen werden fast alle Formeln und Zusammenhänge erläutert. An einigen weniger Stellen muß der Autor seine einfachen und plausible Darstellung verlassen, um die entsprechenden Probleme erklären zu können. Besonders ist dies im Bereich der relativistischen Physik erforderlich.

Das Buch ist in zehn sich logisch aneinander anschließende Kapitel unterteilt. Im ersten Kapitel werden die grundlegenden Eigenschaften der Sterne verbal beschrieben, die in den folgenden Kapiteln genauer untersucht werden sollen. Dabei werden alle wesentlichen physikalischen Parameter – wie z. B. Leuchtkraft, Spektralklasse, Temperatur, Masse, Radius und chemische Zusammensetzung – betrachtet.

Im zweiten Kapitel wird das stark idealisierte Sternmodell „Der Stern als Glaskugel“ behandelt. Hier wird auf die grundlegenden physikalischen Prozesse eingegangen, die die Masse und Zentraltemperatur des Sternes unter idealisierten Bedingungen (Newtonse Gravitationsgesetz und Zustandsgleichung für ideale Gase) bestimmen. Im dritten und vierten Kapitel wird auf den Energietransport im Sterninneren und auf diestellaren Energiequellen eingegangen. Auch in diesen Abschnitten werden alle Sachverhalte sehr anschaulich erläutert. Alle möglichen Prozesse werden diskutiert und dem Leser verständlich gemacht. Sehr eindrucksvoll wird der Energietransport in Sternen dargestellt.

In den folgenden zwei Kapiteln wird auf die exotisch erscheinenden Sterne – Weiße Zwerge, Neutronsterne und Schwarze Löcher – eingegangen. Ihre Entstehung wird mit vorher betrachteten Modellen und den daraus resultierenden Eigenschaften begründet. Diese superdichten und massereichen Sterne werden sehr eindrucksvoll beschrieben. Auch an dieser Stelle spiegelt sich die ausgezeichnete Qualität des Buches wieder. Wissenschaftliche Fakten werden auf eine einfache aber nicht unwissenschaftliche Art und Weise erläutert. Die einzige nicht korrekte Argumentation ist die Behauptung des Nachweises eines Schwarzen Loches in der Röntgenquelle Cyg X-1, obwohl dieses Objekt in der Fachliteratur stark umstritten ist. Versteht man jedoch diese Behauptung als des Autors Meinung, dann kann man über diese Ungenauigkeit hinwegsehen.

Im 7. Kapitel werden die Sternmodelle der vorhergenannten Abschnitte zusammenfassend dargestellt. Außerdem wird dem Leser gezeigt, wie mittels elektronischer Daten-

verarbeitung sehr schnell verschiedene Modelle gerechnet werden können. An dieses Kapitel schließen sich die Beobachtungen über nichtstationäre und veränderliche Sterne an. Es werden auch die klassischen Veränderlichen – Cepheiden, RR Lyrae Sterne u. a. – betrachtet. Kurze Erwähnung finden die Erscheinungen von Novae und Supernovae. In den letzten beiden Kapiteln wird auf die Entwicklung von Sternen, die Probleme der „Sternentstehung“ sowie des „Sterntodes“ eingegangen.

Durch Diagramme und Abbildungen wird das Buch sehr anschaulich gestaltet.

Zusammenfassend kann man sagen: Dieses Buch kann allen astronomisch Interessierten sehr empfohlen werden, besonders denen, die sich für den Aufbau und die Entwicklung der Sterne interessieren.

Für die Herausgabe dieses interessanten Buches sei den Bearbeitern der deutschen Übersetzung sowie dem Verlag gedankt.

WOLFGANG HÄUPL,

S. A. Kaplan: *Physik der Sterne*. Reihe Kleine Naturwissenschaftliche Bibliothek, 31 Abb., 248 S., Preis DDR 13 M. Verlag MIR, Moskau und BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1980.

Vorschau auf Heft 3/1981

Methoden zur Bestimmung von Stern durchmessern
Grundlagen der Raumfahrtbahnmechanik
Kosmologie und Philosophie
Die Eros-Opposition 1981
Fernrohrslelbau (vgl. Bild S. III)

... und in „Astronomie in der Schule“

Astronomische Daten für das Schuljahr 81/82
Jubiläen in Astronomie und Raumfahrt im Schuljahr 81/82
Beitrag der modernen Astronomie zur Entwicklung des materialistischen Weltbildes
Veränderliche Sterne

Unsere Autoren

- Dr. Johann Dorschner, 6906 Jena, Universitätssternwarte, Schillergäßchen 2
- Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestr. 90
- Dr. G. Herms, 2520 Rostock 22, Karl-Zyla-Str. 23
- Dipl.-Phys. Claus Renschen, 8021 Dresden, Ermelstr. 2
- Ing. Achim Grünerberg, 8019 Dresden, Krenkelstr. 28
- Dipl.-Phil. Jürgen Hamel, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte
- Dr. Fritz Gehlhäuser, 1110 Berlin, Uhlandstr. 52
- Karlheinz Müller, 9362 Drebach, Volkssternwarte
- Dr. A. Zelenka, CH 8092 Zürich, ETH-Zentrum, Institut für Astronomie
- Dr. A. Koeckelerbergh, 3. avenue Circulaire, B 1180 Brüssel, Belgien
- Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium
- Ing. Peter Lipski, 8021 Dresden, Eisenacher Str. 48



Nachtaufnahme eines AMS-Satelliten im sichtbaren Bereich. Im oberen Bildteil ist ein ausgedehnter Polarlichtbogen über Kanada zu erkennen. Die Lichtflecke bis zum unteren Bildrand markieren die Städte und Industriezentren der USA bis Florida und die von Kuba. Deutlich treten die Städtekonzentrationen an der NO-Küste und die Ballungsgebiete an der Westküste der USA hervor.



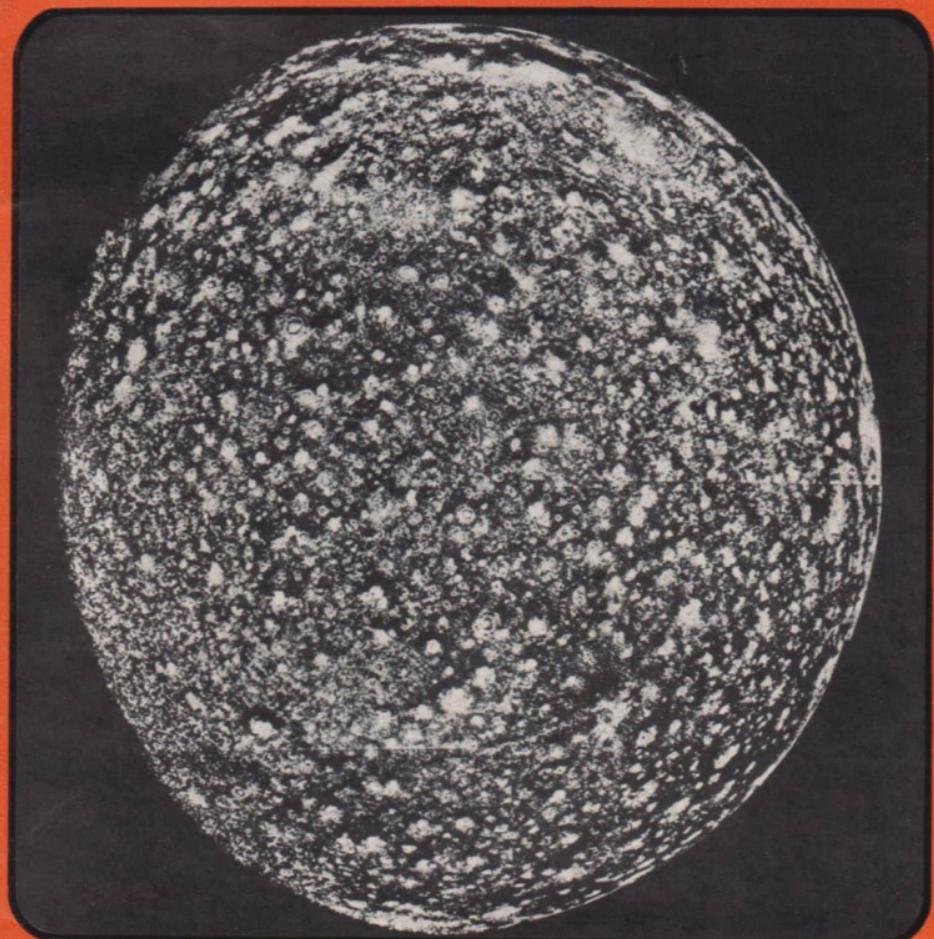
Astronomie UND Raumfahrt



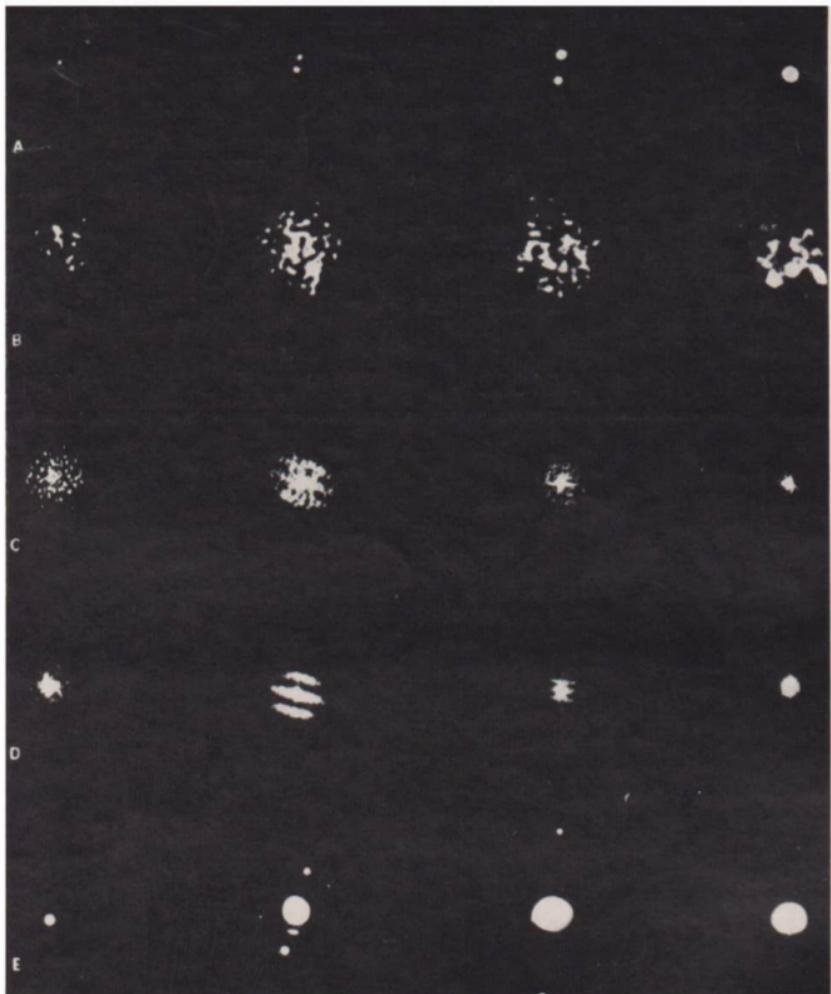
ISSN 0587-565 X PZV 31052

EVP 1,50

1981 3



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Astronomie und Raumfahrt

Herausgeber:

Kulturbund der DDR. Zentraler Fachausschuß Astronomie

Redaktion:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur); OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen Gaslecki; Ing. Achim Grünberg; Dipl.-Phil. Jürgen Hamel; Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur Hockauf; Karl-Heinz Neumann; Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel; Dipl.-Phys. Manfred Woche; Arnold Zenkert; Bernd Zill.

Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Straße der Jugend 8, Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1981 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 Zeitungswertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3 – 4. Veröffentlicht unter Lizenznummer 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 bearbeiten.

Der Nachdruck der in „Astronomie und Raumfahrt“ veröffentlichten Beiträge ist nur mit Zustimmung der Redaktion gestattet.

Satz und Druck:

IV/10/5 Druckhaus Freiheit
Halle.

INHALT

19. Jahrgang (1981) Heft 3

Manfred Woche: Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessen (II)	66
G. Herms: Einige Grundlagen der Raumflug-Bahnmechanik (II)	71
Interview mit dem IAU-Präsidenten, Prof. Bappu	75
C. P. Renschen: Lichtelektrische Fotometrie für Amateure (II)	78
Fritz Gehlhar: Kosmologie und Philosophie (II)	82
Jürgen Hamel: Anmerkung zu „Kosmologie ...“	85
Helmut Weiß: Selbstbau eines zusammenklappbaren Fernrohrs	86
Definitive Sonnenflecken-Relativzahlen 1980	88
Vorläufige Sonnenflecken-Relativzahlen Jan./Febr. 1981	88

Beobachtungshinweise

D. Böhme/M. Greßmann: Die Eros-Opposition 1981	88
Erich Bartl: Arbeitsgruppe Kometen (II)	92

Kurzberichte

Reminiszenzen zur zentralen Jugendtagung	93
Tagung der Planetariums-Leiter	93
Eine Sternstunde für unsere junge Generation	94

Aus der Literatur	94
-------------------	----

Rezensionen und Vorschau	96
--------------------------	----

Probleme/Lösungen	96
-------------------	----

Bildseiten	I-IV
------------	------

Redaktionsschluß: 20. März 1981

Titelbild: Jupitermond Callisto. Dieses aus 9 Teilen zusammengefügte Fotomosaik wurde am 7. Juli 1979 von Voyager 2 aus einer Entfernung von 390000 km aufgenommen. Einschlagkrater bestimmen die durch die Aufnahmen erfaßten Oberflächenteile. Viele der Krater sind sehr jung (Foto: NASA).

2. Umschlagseite: Die Stufen des Labeyrie-Prozesses. (Erläuterung im Beitrag S. 66, bes. durch die dortige Abb. 6; Foto aus: Topics in Applied Physics Vol. 9, S. 257). Bildleiste unten: Postersitzung während der zentralen Jugendtagung 1980. Mittleres Bild: Dr. Jürgen Schulz, der Initiator der Postersitzung.

4. Umschlagseite: Juri Alexejewitsch Gagarin (1934–1968), Fliegerkosmonaut und Held der Sowjetunion. Vor nunmehr 20 Jahren, am 12. April 1961, umrundete J. A. Gagarin im Raumschiff „Wostok 1“ als erster Mensch unsere Erde und leitete damit das Zeitalter der bemannten Raumfahrt ein. Seitdem waren bereits über 100 Menschen als Raumfahrer im Einsatz, die alle längerandauernde Flüge absolvierten. Dennoch wird das historische Datum, an dem Gagarin seine Tat vollbrachte, unvergesslich bleiben.

Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern II

MANFRED WOCHE

Speckle - Interferometrie

Bei photographischen Himmelsaufnahmen ist die praktisch erreichbare Auflösung von Teleskopen großer Öffnung durch die Richtungssintillation des Sternlichtes und den photographischen Prozeß begrenzt. Der Einfluß der Beugung ist in diesem Fall vernachlässigbar klein. Geht man aber zu längeren Brennweiten des Teleskopes und damit zu einem größeren Abbildungsmaßstab in dessen Fokalebene über, dann sind die Durchmesser der Sterne auf den Himmelsaufnahmen hauptsächlich durch die Größe der Richtungssintillation bestimmt. Durch die Richtungssintillation, die ihre Ursache in atmosphärischen Turbulenzschichten hat, können auch mit Teleskopen größerer Öffnung unter günstigsten atmosphärischen Bedingungen nur Winkelauflösungen von 0,5 Bogensekunden erreicht werden. Der Gedanke, die Auflösung dadurch zu verbessern, daß man bei hellen Sternen zu extrem kurzen Belichtungszeiten übergeht, bringt jedoch keinen Gewinn. Das zeigten Aufnahmen heller Sterne mit Teleskop großer Öffnung, langer effektiver Brennweite (großer Abbildungsmaßstab) und sehr kurzen Belichtungszeiten. Auf ihnen erkennt man eine Vielzahl fleckiger Strukturen von etwa der Größe des Beugungsscheibchens des Teleskopes, die über eine durch die Richtungssintillation bestimmte Fläche statistisch verteilt sind. Die Vermutung, daß in solchen kurzzeitig belichteten Aufnahmen mehr Informationen enthalten sind als in langzeitig belichteten, wurde schon des öfteren geäußert. Erst die Anwendung moderner elektronischer Bildverstärker ermöglichte die Gewinnung hochqualitativer sogenannter Speckle-Bilder (engl.: Speckle = Fleckchen) und erst eine bestimmte Entwicklungsstufe der modernen Optik machte die Analyse dieser Speckle-Bilder (nachfolgend mit SpB bezeichnet) möglich.

Als erstem gelang es A. Labeyrie 1971 in einem speziellen Laborprozeß, aus den Strukturen der SpB des Sterns Capella Informationen zu gewinnen, die dem theoretischen Auflösungsvermögen des zur Aufnahme der SpB verwendeten 5 m-Teleskopes entsprachen. Der spektroskopische Doppelstern Capella konnte auf diesem Wege aufgelöst werden. Seine Komponenten haben einen Winkelabstand von 0°05. Der Labeyrie-Prozeß zur Auswertung der SpB birgt den Nachteil in sich, daß die gewonnenen

Bilder keine echten Bilder der Objekte, sondern nur deren Autokorrelation sind. Speckle-Methoden, die echte Bilder der Objekte ergeben, sind unter anderem die Speckle-Holographie nach Liu und Lohmann, sowie die Sternscheinrekonstruktion nach Lynds.

Aufnahme der Speckle-Bilder

Den Speckle-Methoden ist im wesentlichen das Prinzip der Aufnahme der SpB gemeinsam. Dazu ist eine spezielle Speckle-Kamera erforderlich. Mit dieser wird das fokale Bild des zu untersuchenden Sterns photographiert. Um die in diesem verschlüsselt enthaltenen Informationen z. B. photographisch aufzzeichnen zu können, müssen von einer Speckle-Kamera folgende Aufnahmeparameter erfüllt werden:

1. Die Belichtungszeit für Speckle-Aufnahmen muß in der Größenordnung von 1/100 Sekunde liegen. Nur dann wird gewährleistet, daß die Speckles infolge der ständigen Bewegung der sie verursachenden atmosphärischen Turbulenzzellen nicht verwaschen.
2. Der aufzunehmende Wellenlängenbereich muß durch ein Interferenzfilter auf 10 bis 25 nm eingeschränkt werden, da die Form und Struktur der SpB von der Wellenlänge abhängig sind. Speckle-Aufnahmen ohne den aufgenommenen Spektralbereich begrenzende Interferenzfilter würden verwaschene Bilder mit schlechtem Kontrast ergeben, deren Informationsgehalt weitgehend vermindert ist.
3. Es ist eine große Äquivalentbrennweite durch optische Nachvergrößerung erforderlich, um den Informationsgehalt der strukturreichen SpB ohne Verluste in photographischem Aufnahmematerial, welches ein begrenztes Auflösungsvermögen hat, speichern zu können. Gebräuchlich sind effektive Äquivalentbrennweiten von etwa 1 km. Das bedeutet einen Abbildungsmaßstab von 1" pro cm.
4. Die atmosphärische Dispersion muß schon für kleine Zenitdistanzen durch eine spezielle Einrichtung (Prisma) kompensiert werden können. Das ist deshalb erforderlich, weil schon bei einem Spektralbereich von 25 nm und einer Zenitdistanz von 45 Grad Spektren entstehen, die sechsmal so lang sind wie der Durchmesser des Beugungsscheibchens des 5 m-Spiegels.
5. Infolge der geforderten kurzen Belichtungszeit, des begrenzten Spektralbereichs und der hohen Nachvergrößerung ist die Intensität eines SpB sehr gering. Deshalb muß eine Speckle-Kamera mit einem elektronischen Bildverstärker ausgestattet sein. Mit dessen Hilfe werden die wenigen Photonen pro Flächeneinheit eines SpB, die keine Schwärzung auf einer Photoplatte erzeugen würden, erst „vervielfacht“ und dann in einer Photoplatte gespeichert.

Beschreibung der Speckle-Bilder

Ein qualitativ gutes SpB eines Sterns besteht aus einer großen Anzahl kleiner Lichtflecken die die Größe des Beugungsscheibchens des benutzten Teleskopes haben. Diese Speckles sind durch atmosphärische Turbulenzzellen verursachte Interferenzerscheinungen in der Brennebene des Teleskopes. Aus ihrer Gesamtzahl und dem Durchmesser des zur Aufnahme der SpB benutzten Teleskopes kann man auf die mittlere Ausdehnung der atmosphärischen Turbulenzzellen schließen. Diese beträgt im Mittel 10 bis 20 Zentimeter. Zum besseren Verständnis der im nächsten Abschnitt beschriebenen Analyse der SpB ist dessen kurze mathematische Darstellung erforderlich. Der Übersichtlichkeit halber soll dazu im folgenden nur der eindimensionale Fall betrachtet werden.

Jedes kurzelblichtete SpB stellt, mathematisch ausgedrückt, die Faltung der Objektintensität $O(x)$ des Sterns mit der momentanen Punktverwaschungsfunktion $P_n(x)$ der Erdatmosphäre dar, und wird durch folgende Abbildungs-gleichung beschrieben.

$$I_n(x) = O(x) * P_n(x) \quad (8)$$

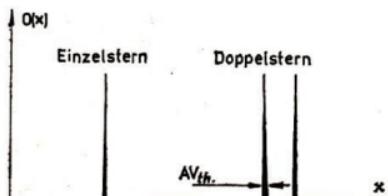
$$n = 1, 2, \dots, k\text{-Nr. des Speckle-Bildes}$$

Mit der Objektintensität $O(x)$ ist das Bild des Sterns gemeint, wie es ohne den störenden Einfluß der Erdatmosphäre, also mit der theoretisch erreichbaren Auflösung im Teleskop erscheinen würde. Die Punktverwaschungsfunktion $P_n(x)$ beschreibt den störenden Einfluß der turbulenten Erdatmosphäre auf ein ideal punktförmiges Objekt (nicht auflösbarer Fixstern) zur Zeit der Aufnahme des n -ten SpB. $I_n(x)$ ist die Intensität des n -ten SpB in x -

Abb. 5: Einfluß atmosphärischer Turbulenzen auf die Intensitätsverteilung von Speckle-Aufnahmen.

(AV_{th} : theoretisches Auflösungsvermögen des Teleskopes,
 AV_{pr} : praktisches Auflösungsvermögen des Teleskopes).

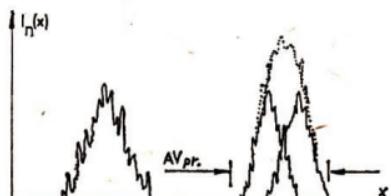
a) ohne Atmosphäre.



Richtung. Die Auswirkung der in (8) durch das Zeichen $*$ gekennzeichneten mathematischen Operation der Faltung der Funktionen $O(x)$ und $P_n(x)$ auf das SpB lässt sich anhand der Abb. 5a, b etwas anschaulicher darlegen. Abb. 5a zeigt einen einzelnen, nichtauflösbaren Stern und einen mit konventionellen Beobachtungsmethoden nicht trennbaren Doppelstern, wie sie ein Beobachter von der Erde aus bei nicht vorhandener Erdatmosphäre durch die Optik eines Großteleskopes sehen würde. Die Komponenten des Doppelsterns wären deshalb getrennt sichtbar, weil das Auflösungsvermögen in diesem Falle (visuelle Beobachtung vorausgesetzt), nur von der Beugung des Lichtes an der Teleskopöffnung begrenzt sein würde.

Ein ganz anderes Aussehen haben die Bilder des einzelnen und die des Doppelsterns bei real vorhandener Erdatmosphäre infolge deren durch atmosphärische Turbulenzen verursachte Richtungszintillation des Sternlichtes (s. Abb. 5b). Der nicht auflösbare Einzelstern zeigt sich bei jeder Speckle-Aufnahme jetzt als strukturierte Intensitätsverteilung $I_n(x)$, die das Resultat der durch (8) ausgedrückten Verwaschung von $O(x)$ durch $P_n(x)$ ist. Das Ergebnis dieser Verwaschung von $O(x)$ verdeutlicht Abb. 5b als Schnitt durch die in Wirklichkeit zweidimensionale Intensitätsverteilung einer Vielzahl von Speckles. Analoges gilt auch für jede Speckle-Aufnahme des Doppelsterns. Deren Struktur läßt sich erklären, wenn man die Gültigkeit der sogenannten Isoplanasie-Bedingung voraussetzt. Diese beinhaltet, daß das Licht zweier Komponenten eines Doppelsterns die gleichen Turbulenzelemente der Atmosphäre durchdringt und zwei gleiche SpB entstehen, weil für jede Sternkomponente die gleiche Punktverwaschungsfunktion gilt. Die so entstandenen zwei SpB überlagern sich mit einem dem Winkelabstand beider Komponenten entsprechenden seitlichen Versetzung zur Intensitätsverteilung eines resultierenden SpB. Die resultierenden Intensitätsverteilungen der SpB eines Doppelsterns und die eines Einzelsterns unterscheiden sich voneinander im Aussehen ihrer Struktur.

b) mit Atmosphäre.



Dieser sich nur bei Speckle-Aufnahmen zeigende Unterschied zwischen den Bildern eines einzelnen Sterns und eines Doppelsterns geht bei konventionellen Langzeitbelichtungen verloren. Die Ursache dafür liegt darin, daß die Vielzahl der zweidimensional verteilten Speckles aufgrund der sich in ständiger Bewegung befindlichen Turbulenzzellen der Erdatmosphäre zu jedem Zeitpunkt anders verteilt ist. Schon bei einer Belichtungszeit von einer Sekunde ist von der fleckigen Struktur eines Speckle-Bildes nichts mehr zu sehen. Betrachtet man ein langzeitig belichtetes Bild eines Sterns als den Mittelwert vieler SpB, dann läßt sich dessen Intensitätsverteilung folgendermaßen ausdrücken:

$$\langle I_n(x) \rangle = O(x) * \langle P_n(x) \rangle \quad (9)$$

Die eckigen Klammern kennzeichnen die Mittelwerte aus n verschiedenen Werten entsprechend (8). $\langle I_n(x) \rangle$ zeigt sich auf einer Photoplatte als kreisförmiges Schwärzungsscheibchen mit radial nach außen hin abnehmender Schwärzung.

Ein völlig anderes Erscheinungsbild zeigt ein Stern bei visueller Beobachtung an einem Großteleskop. Das mit dem Auge wahrgenommene Bild wird jetzt über die zeitliche Auflösung des Auges aufsummiert. Man beobachtet ein quellendes, zuweilen pulsierendes, sich in ständiger Bewegung befindliches Sternbildchen. Dieses kann einen Winkeldurchmesser, je nach dem Zustand der Erdatmosphäre, von $0^{\circ}5$ bis etwa 10° haben und in seiner Gesamtheit in einem Umkreis von einigen Bogensekunden unregelmäßig umhertänzeln. Der Winkeldurchmesser des Sternbildchens, das eine gaußförmige Helligkeitsverteilung hat, wird „Seeing“ genannt. Das Seeing, das wesentlich von der klimatischen Lage und der Höhe des Beobachtungsortes bestimmt wird, ist ein entscheidender Faktor für die Standortwahl eines Teleskopes. Ein Seeing von $0,5 \dots 1'$ entspricht sehr guten Beobachtungsbedingungen. Für mitteleuropäische Beobachtungsstationen kann ein jährliches Mittel von $2 \dots 3'$ angenommen werden.

Analyse der Speckle-Bilder im Labeyrie-Prozeß

Um die in den Speckle-Aufnahmen in verschlüsselter Form enthaltenen Informationen zu gewinnen, müssen mehrere solcher Aufnahmen, in der Praxis oft 50 bis 200, einem speziellen Auswerteprozeß unterworfen werden. Ein solcher Auswerteprozeß (ein reiner Laborprozeß) wurde erstmalig von A. Labeyrie im Jahre 1970 mit Speckle-Aufnahmen des Sterns Capella vollzogen. Mit dem nach ihm benannten Labeyrie-Prozeß gelang es, auflösungsbegrenzte Informationen aus Himmelsaufnahmen, speziell aus

den Speckle-Aufnahmen zu gewinnen. Nachfolgend werden die einzelnen Stufen des Labeyrie-Prozesses erläutert (s. Bild 2 und Abb. 6).

Bild 2 (2. Umschlag-Seite) zeigt mit A verschiedene Objekte (nichtauflösbarer Stern, zwei Doppelsternsysteme unterschiedlichen Winkelabstandes der Komponenten, auflösbarer Sternscheibe), bei B deren SpB und bei C-E: die im Labeyrie-Prozeß gewonnenen Bilder in den einzelnen Stufen der Analyse der SpB.

Die Abbildungen 6 A-E veranschaulichen die experimentelle Seite des Labeyrie-Prozesses. Der Anschaulichkeit wegen betrachten wir vorerst nur die Analyse von SpB eines Doppelsterns.

Informationen über das Objekt $O(x)$ sind, wie bereits erwähnt, entsprechend (8) durch störende Einflüsse der Erdatmosphäre überlagert, welche durch die Punktverwaschungsfunktion beschrieben werden (s. Abb. 5a, b). Um den Einfluß der Erdatmosphäre zu eliminieren, muß die Objektintensität $O(x)$ von der die Störungen der Erdatmosphäre beinhaltenden Punktverwaschungsfunktion $P_n(x)$ getrennt werden. Zu diesem Zweck werden die einzelnen SpB B_n einer Fouriertransformation unterzogen. Im Labeyrie-Prozeß wird dazu von jedem SpB B_n ein Diapositiv angefertigt. Dieses wird genau in die Brennebene eines Transformationsobjektivs L gebracht und von ebenen Wellen parallelen Laserlichtes durchleuchtet (Abb. 6C). In der anderen Brennebene des Transformationsobjektivs L entsteht durch optische Transformation die Fouriertransformierte des SpB, die in einer dort befindlichen Photoplatte gespeichert werden soll. Die Fouriertransformierte als komplexe Funktion setzt sich aus einem Realteil und einem Imaginärteil zusammen, welche die Amplitude und die Phase des Lichtes enthalten. Da im photographischen Prozeß keine komplexen Amplituden, sondern nur die aus ihnen gebildeten Intensitäten gespeichert werden können, geht die Phaseninformation verloren. Demzufolge bleibt nur das Betragsquadrat der komplexen Funktion erhalten. Dieses ist im vorliegenden Fall das Betragsquadrat der Fouriertransformierten des SpB B_n .

Infolge der optisch durchgeföhrten Fouriertransformation stellt sich die Fouriertransformierte des SpB auf der Photoplatte in der Ortsfrequenzebene (u, v) dar, und nicht wie das SpB B_n (bzw. dessen Diapositiv) in der Ortsebene (x, y). Die Ortsfrequenz wird in $1/\text{Längeneinheit}$ (z. B. $1/\text{mm}$) angegeben. Wesentlich am Labeyrie-Prozeß ist, daß aus der komplizierten Faltung in der Ortsebene (8) durch Fouriertransformation ein einfaches Produkt in der Ortsfrequenzebene entsteht und so der Einfluß der Erd-

atmosphäre abgetrennt werden kann. Das Produkt in der Ortsfrequenzebene läßt sich analog zu (8) wie folgt darstellen (Betragssquare der infolge photogr. Speicherung).

$$|i_n(u, v)|^2 = |o(u, v)|^2 \cdot |p_n(u, v)|^2 \quad (10)$$

$i_n(u, v)$ = FT. von $I_n(x, y)$ FT. steht als Abk.
 $o(u, v)$ = FT. von $O(x, y)$ für Fourier-
 $p_n(u, v)$ = FT. von $P_n(x, y)$ transformierte

Das Betragssquadrat der Fouriertransformierten der Bildintensität im SpB B_n wird auch als Leistungsspektrum der Bildintensität bezeichnet. Dieses läßt bei der Transformation schon nur eines SpB andeutungsweise ein Streifenystem erkennen (Bild 2C). Das Streifenystem ist von statistischem Rauschen überlagert, das bereits in den SpB B_n als Folge von Turbulenzen der Erdatmosphäre mit enthalten ist und bei der Fouriertransformation mit übertragen wird. Zum Unterdrücken dieses Rauschens, d. h. zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses, werden in der Praxis eine Vielzahl von SpB B_n nacheinander der oben beschriebenen Fouriertransformation unterzogen und die durch (10) beschriebenen Leistungsspektren der Bildintensität der SpB auf einer einzigen Photoplatte P_n

aufsummiert. Das somit erhaltenen mittlere Leistungsspektrum der Bildintensität

$$\langle |i_n(u, v)|^2 \rangle = |o(u, v)|^2 \cdot \langle |p_n(u, v)|^2 \rangle \quad (11)$$

hat ein besseres Signal/Rausch-Verhältnis, da dieses proportional der Quadratwurzel aus der Anzahl der auf P_n aufsummierten Leistungsspektren der n SpB ist ($\sim \sqrt{n}$). Das bedeutet, daß sich das Streifenystem gegenüber dem statistischen Rauschen immer deutlicher abzeichnet (Bild 2D, Abb. 2E), je größer die Anzahl n der aufsummierten Leistungsspektren verschiedener SpB ist. Von dem das mittlere Leistungsspektrum darstellende Streifenystem (11) wird jetzt der störende Anteil der Erdatmosphäre abgetrennt. Dies erfolgt, indem (11) durch die mittlere Punktverwaschungsfunktion $\langle |p_n(u, v)|^2 \rangle$ dividiert wird. Experimentell geht man dabei so vor, daß man SpB B_m eines nichtauflösbaren Sterns aufnimmt, diese ebenfalls einer Fouriertransformation unterzieht und die so ermittelten Leistungsspektren auf einer Photoplatte P_m zu einem mittleren Leistungsspektrum aufsummiert. Dieses mittlere Leistungsspektrum enthält dann nur den Anteil der Erdatmosphäre in Form der Punktverwaschungsfunktion allein

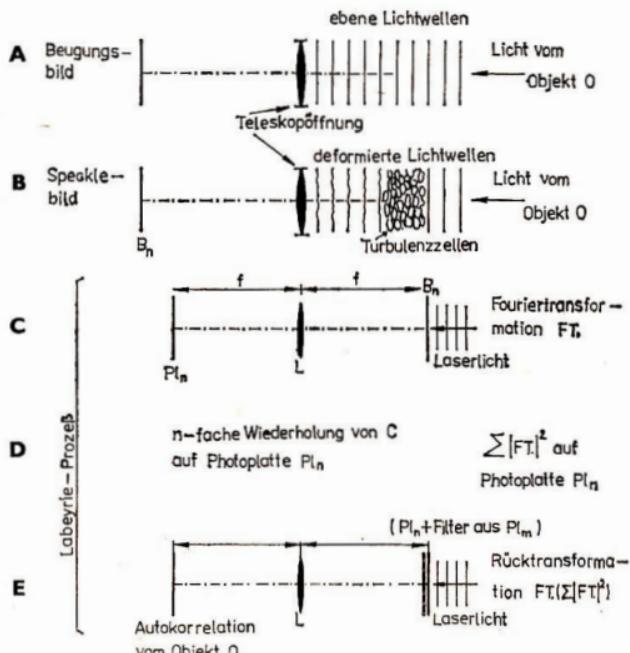


Abb. 6: Schema des Labeyrie-Prozesses.

und ist frei von jeglicher Information über eine Objektstruktur.

Ein aus P_m gewonnenes Filter in Verbindung mit einem aus P_n gewonnenen Diapositiv stellt jetzt das Betragsquadrat der Fouriertransformierten der Objektintensität $o(u, v)$ allein dar, wie sie ein ideales optisches System ohne atmosphärische Turbulenz liefern würde. Wird jetzt eine Fourierrücktransformation wieder mit Laserlicht durchgeführt, so erhält man die Autokorrelation der Objektintensität $O(x, y)$, (s. Bild 2E, Abb. 6E). Diese kann nicht das Objekt selbst darstellen, da bei der Fouriertransformation mit photographischer Speicherung die Phasen verlorengehen. Unter der Autokorrelation der Objektintensität (im vorliegenden Fall die Intensität des Doppelsterns) versteht man den wechselseitigen Vergleich zweier identischer Lichtverteilungen.

Zum besseren Verständnis dazu folgendes Gedankenexperiment. Man fertige von einem Doppelstern (s. Bild 2A) eine Schablone an (zwei Löcher in undurchsichtigem Papier) und verschiebe diese Schablone über den Doppelstern. Dann trage man die Menge des durch die Schablone insgesamt durchgelassenen Lichtes in Abhängigkeit von der Verschiebung auf. Man erhält den Maximalwert, wenn die Schablone genau auf den Doppelstern passt. Dies entspricht dem Maximalwert der Autokorrelation, der bei der Verschiebung Null erreicht wird. Verschiebt man die Schablone in Richtung der Verbindungsgeraden beider Komponenten des Doppelsterns, dann erhält man bei einer Verschiebung um den Betrag des Abstandsvektors ein weiteres, jedoch kleineres Maximum. Dasselbe gilt auch für die Bewegung der Schablone in die andere Richtung. Die Autokorrelation der Objektintensität eines Doppelsterns ist in Bild 2E sichtbar. Die drei Lichtflecken entsprechen den im Gedankenexperiment aufgetretenen Maximalwerten der Autokorrelation. Die wichtigsten Parameter für die Kenntnis von Doppelsternen lassen sich aus der Autokorrelation der Objektintensität ableiten. Dies sind der Betrag des Abstandsvektors und dessen Richtung. Weiterhin lässt sich die relative Helligkeit beider Komponenten angeben, aber nicht, welche der Komponenten die hellere ist.

Die Speckle-Interferometrie nach Labeyrie ist auch auf die Bestimmung der Durchmesser von mit einem Teleskop theoretisch auflösabaren Sternen anwendbar. Dabei ist das Vorgehen analog dem bei der Analyse von Doppelsternen. Es werden wieder eine Vielzahl von SpB des zu untersuchten Sterns und eines nichtauflösbaren Sterns aufgenommen und dessen mittlere Leistungsspektren in zwei Photoplaten P_n

und P_m gespeichert. Die mittleren Leistungsspektren werden zum „Ausschalten“ der Erdatmosphäre durcheinander (optisch) „dividiert“. Das dabei erhaltene Ergebnis ist eine zweidimensionale Intensitätsverteilung. Diese ist das zweidimensionale Äquivalent zum Kontrast der Interferenzstreifen, die Michelson und Pease bei ihren Durchmesserbestimmungen mit dem Sterninterferometer beobachten konnten. Aus dessen genauer Form kann auf den Durchmesser der Sterne geschlossen werden. Mit dem 5 m-Teleskop wurden Speckle-Aufnahmen von vier Sternen gewonnen. Daraus konnten deren Durchmesser bestimmt werden, die gut mit den Werten von Michelson und Pease übereinstimmen. Da die erreichbare Auflösung der Speckle-Interferometrie gleich der theoretischen Auflösung des verwendeten Teleskopes ist (5 m-Spiegel: theoretisches Auflösungsvermögen $0^{\circ}02$), ist die Anzahl der Sterne, deren Durchmesser auf diese Weise bestimmt werden kann, sehr gering. Deshalb bietet sich als Anwendungsschwerpunkt vorwiegend die Untersuchung bisher nur spektroskopisch trennbarer Doppelsterne an. Oft genügen dazu schon Teleskope mit 1 m Spiegel.

Die Speckle-Interferometrie nach Labeyrie ist die bisher am häufigsten angewandte Speckle-Methode. Anfangs war es damit nur möglich, die hellsten Sterne zu untersuchen. Bis 1977 konnte die Reichweite dieser Speckle-Methode bis auf die achte Größenklasse erweitert werden. Momentan ist man bei der 14. Größenklasse angelangt. Man erwartet, in nächster Zeit die endgültige Grenze zu erreichen, die etwa bei 16 bis 18 Größenklassen liegt. Diese Grenzgröße ist in der Quantennatur des Lichtes begründet und unabhängig von der Größe des Teleskopes. Ein eleganteres Verfahren zur Auswertung von SpB im Labeyrie-Prozeß ist die numerische Durchführung der Fouriertransformation auf einem Großrechner. Voraussetzung dafür ist, daß die einzelnen SpB mit einem Mikrodensitometer abgetastet werden und deren Intensitätsverteilung in Zahlen umgesetzt wurde. (Fortsetzung in Heft 4/81.)

Einige Grundlagen der Raumflugbahnmechanik II

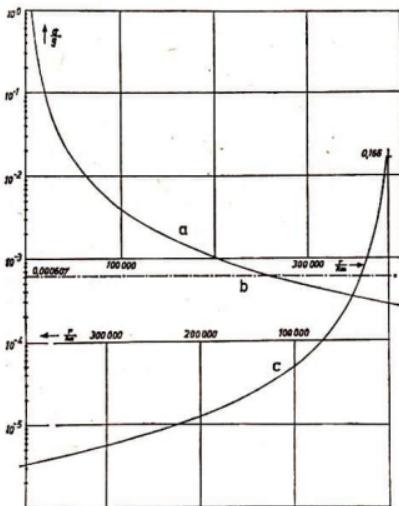
G. HERMS

2.2. Das Gravitationsfeld unseres Planetensystems

Abb. 6 gibt Aufschluß über die Gravitationskräfte von Erde, Mond und Sonne entlang der Verbindungsgeraden Erde-Mond. Dargestellt ist

das Verhältnis der jeweiligen Gravitationskraft zur Gravitationskraft der Erde an ihrer Oberfläche oder – was dasselbe ist – das Verhältnis der am betrachteten Ort von Erde, Mond oder Sonne erzeugten Beschleunigung zur Erdbeschleunigung $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$.

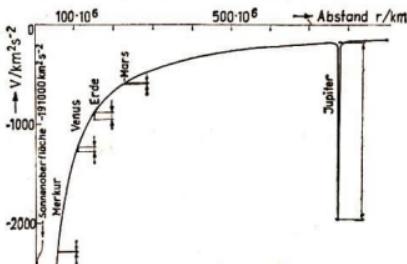
Die Gravitation der Sonne ist im betrachteten Bereich praktisch konstant und beträgt nur 0,063 % der auf der Erdoberfläche vorliegenden, von der Erde selbst hervorgerufenen Gravitation. Erst in einer Entfernung von 260 000 km vom Erdmittelpunkt hat die Erddanziehung so weit abgenommen, daß sie der Sonnenanziehung gleichkommt. Bei der Mondanziehung ist das schon in rund 27 000 km Entfernung vom Mond der Fall. Mondanziehung und Erddanziehung haben sich auf im sog. neutralen Punkt, der auf der Linie Erdzentrum–Mondzentrum 346 000 km vom Erdmittelpunkt und 38 000 km vom Mondmittelpunkt entfernt liegt. Die Anziehungskraft der Sonne ist in diesem Punkte fast zweimal so groß als die der Erde oder des Mondes allein. An der Erdoberfläche macht die Anziehung des Mondes nur 3,3 Millionstel der Erddanziehung aus. Das ist ein Hundertachtzigstel des Einflusses der Sonne. Das erscheint zunächst überraschend, wenn man berücksichtigt, daß die Entstehung der Gezeiten hauptsächlich dem Mond und erst in zweiter Linie der Sonne zugeschrieben wird. Die Lösung des scheinbaren Widerspruchs ist einfach: Die Gezeiten verdanken ihre Entstehung dem Umstand, daß sich Gravitationskräfte und Fliehkräfte nicht vollständig kompensieren. Betrachten wir beispielsweise



Erde und Mond, so heben sich die Mondanziehung und die Fliehkraft infolge der Umkreisung des gemeinsamen Schwerpunktes von Erde und Mond nur für eine im Erdmittelpunkt befindliche Masse exakt auf. Außerhalb des Erdmittelpunkts verbleiben Differenzkräfte, die im Falle Erde-Mond besonders groß sind, da wegen des relativ kleinen Mondabstands größere relative Entfernungsänderungen und Richtungsänderungen auftreten als bei Erde und Sonne. Abb. 7 zeigt den oberen Teil des riesigen Potentialtrichters der Sonne und seine Veränderung durch die kleinen Potentialtrichter der Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars und Jupiter. (Es wurde angenommen, daß alle Planeten in einer Linie stehen). Aus der Abbildung ist z. B. zu entnehmen, daß der Potentialtrichter der Erde fünfmal tiefer ist als der des Planeten Mars. Um einen bestimmten Körper aus dem Anziehungsbereich des Mars zu schaffen, genügt also bereits ein Fünftel der Hubarbeit, die im Falle der Erde aufgewendet werden müßte. Dagegen ist der Potentialtrichter des Jupiters so tief, daß bei ihm die 28-fache Hubarbeit erforderlich wäre. Soll von einem festen Punkt der Erdbahn aus der äußerste Rand des großen Potentialtrichters der Sonne erreicht werden, ist rund fünfmal soviel Arbeit zu leisten als von einem festen Punkt der Jupiterbahn aus. Wie sich die erforderlichen Arbeiten verhalten, wenn der Start an der Oberfläche der beiden Planeten erfolgt, kann der Darstellung nicht entnommen werden, da sie nicht berücksichtigt, daß sich die kleinen Potential-

Abb. 6 (links): Die Abhängigkeit der von der Erde (Kurve **a**), von der Sonne (Kurve **b**, strichpunktuiert) und vom Mond (Kurve **c**) erzeugten Gravitationskraft von der Entfernung r . (Genauer: Es ist das Verhältnis der jeweiligen Gravitationskraft zur Schwerkraft an der Erdoberfläche dargestellt).

Abb. 7: Der Potentialtrichter der Sonne mit den kleinen Potentialtrichtern von Merkur, Venus, Erde, Mars und Jupiter. (Die Maßpfeile bezeichnen die Tiefe der Potentialtrichter).



trichter der Planeten um die Achse des großen Trichters bewegen. Das ist aber – wie wir gleich sehen werden – für den Energiebedarf einer Reise durch das Sonnensystem sehr wesentlich.

Aus Abb. 7 erkennen wir ferner – wenn wir uns an das am Ende des Abschnitts 1.2. Gesagte erinnern –, daß eine Reise zur Oberfläche der Sonne die energie-aufwendigste Mission ist, die in der Ekliptik angestellt werden kann.

2.3. Antriebsbedarf beim Start vom Planeten

Beim Apollo-Mondlandeprogramm war eine Rakete mit einer Startmasse von 2890 t erforderlich, um 3 Astronauten und ihre Ausrüstung zum Mond zu schaffen. Das ganze Unternehmen spielte sich im Potentialtrichter der Erde ab. Vergleicht man dessen Tiefe mit den Höhenunterschieden, die bei einem Flug zum Mars oder zur Venus oder gar zum Jupiter oder zum Merkur überwunden werden müssen (Abb. 7), dann drängt sich die Vorstellung auf, daß der Antriebsbedarf für interplanetare Flüge gewaltig ansteigt und mit den heutigen technischen Mitteln vielleicht gar nicht mehr zu bewältigen ist. Es ist jedoch nicht ganz so schlimm, wie es zunächst scheint, da die Bahngeschwindigkeit der Erde für die Reise durch den Raum ausgenutzt werden kann.

Wenn einem Raumflugkörper in der Nähe der Erdoberfläche die Geschwindigkeit von 11,2 km/s erteilt wird, verläßt er den Potentialtrichter der Erde mit einer Geschwindigkeit, die nahezu Null ist. Das bedeutet, daß sich der Körper mit der Bahngeschwindigkeit der Erde ($v_K = 29,8 \text{ km/s}$) auf einer sehr benachbarten, praktisch kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegt, dabei aber nicht mehr an die Erde gefesselt ist. Obwohl die ihm durch die Rakete erteilte Bewegungsenergie $m v_F^2 / 2$ durch den Aufstieg im Erdfeld aufgezehrt ist, besitzt der Körper im System der Sonne kinetische Energie, nämlich $m v_K^2 / 2$. Gäbe es einen festen Punkt außerhalb der Erdbahn, von dem aus der Körper „an die Lorange genommen“ und seine Bewegungsrichtung innerhalb der Erdbahnebene um 90° so umgelenkt werden könnte, daß er sich in radialer Richtung von der Sonne entfernt, dann würde er ohne weitere Energiezufuhr über die Bahn des Mars hinaus in den Raum vorstoßen und erst in 300 Millionen km Entfernung von der Sonne seinen Umkehrpunkt erreichen. (Die bei einem solchen Manöver erreichbare größte Entfernung von der Sonne entspricht dem Durchmesser der Ausgangskreisbahn). Das hypothetische Beispiel zeigt, daß die Bewegungsenergie, die der Körper im System der Sonne besitzt, dazu benutzt werden kann, ein höheres Niveau im Gravitationsstrichter der Sonne zu

erreichen. Diese Energie kann aber auch bei wirklichen Bahnmanövern genutzt werden. Nehmen wir z. B. an, der Raumflugkörper soll nach Verlassen des Erdfeldes anschließend noch aus dem Anziehungsbereich der Sonne befördert werden. Nach Gl. (9) genügt es, die Geschwindigkeit des Körpers auf das $\sqrt{2}$ -fache der Kreisbahngeschwindigkeit v_K (also auf $42,1 \text{ km/s}$) zu erhöhen. Dazu müßte ihm eine Zusatzgeschwindigkeit $\Delta v = (\sqrt{2} - 1) v_K = 12,3 \text{ km/s}$ erteilt werden, was einen zusätzlichen Energieaufwand $m(\Delta v)^2 / 2$ erfordert. Dieser Energieaufwand ist klein gegen die Arbeit, die verrichtet werden müßte, um einen ruhenden Körper von der Erdbahn nach Unendlich zu schaffen.

Anstatt die Zusatzgeschwindigkeit Δv erst nach Verlassen des Anziehungsbereichs der Erde zu erzeugen, kann man auch dafür sorgen, daß der Körper bereits mit einem Geschwindigkeitsüberschuß Δv aus dem Potentialtrichter der Erde entweicht. Um das zu erreichen, muß die Trägerrakete dem Körper eine solche kinetische Energie $m v_{\text{ges}}^2 / 2$ erteilen, daß davon die beiden oben genannten Energiebeträge bestritten werden können. Es muß also gelten

$$\frac{m}{2} v_{\text{ges}}^2 = \frac{m}{2} v_F^2 + \frac{m}{2} (\Delta v)^2,$$

woraus folgt $v_{\text{ges}} = \sqrt{v_F^2 + (\Delta v)^2}$. (10)

(Der Strich am Index F soll andeuten, daß es sich bei v_F um die Fluchtgeschwindigkeit aus dem Potentialtrichter des Planeten, nicht aber der Sonne handelt).

Mit Hilfe der Gl. (10) läßt sich die Geschwindigkeit und damit auch die Energie berechnen, die erforderlich ist, um einen Körper von der Oberfläche eines Planeten aus bis zum äußersten Rand des Sonnengravitationsstrichters zu schaffen. Im Falle der Erde ergibt sich $v_{\text{ges}} = \sqrt{(11,2 \text{ km/s})^2 + (12,3 \text{ km/s})^2} = 16,7 \text{ km/s}$.

Wie aus Abb. 7 zu erkennen ist, kommt der Oberfläche des Merkur ein niedrigeres Potential zu als der Oberfläche des Jupiters. Ließe man die Bewegung der kleinen Potentialtrichter außer acht, käme man nach Abb. 7 zu dem Schluß, daß die Flucht aus dem Sonnensystem vom Merkur aus 20 % mehr Energie erfordern würde als vom Jupiter aus. Eine genaue Be- trachtung mit Hilfe der Gl. (10) führt jedoch zu einem ganz anderen Ergebnis. Für den Merkur ist $v_F = 4,2 \text{ km/s}$ und $\Delta v = 19,8 \text{ km/s}$. Für den Jupiter lauten die entsprechenden Werte $59,6 \text{ km/s}$ und $5,41 \text{ km/s}$. Mit diesen Werten ergibt sich nach Gl. (10), daß beim Start von der Oberfläche des Jupiters fast die dreifache Geschwindigkeit erforderlich ist als beim Start von der Merkuroberfläche (nämlich $59,8 \text{ km/s}$ im Vergleich zu $20,2 \text{ km/s}$). Anders ausgedrückt:

Beim Start vom Jupiter ist fast 9mal (genauer: 8,8mal) so viel Energie aufzuwenden als beim Start vom Merkur. Das überraschende Ergebnis erklärt sich daraus, daß die zu leistende Arbeit im Falle des Jupiters zu 91 % darin besteht, den Körper aus dem Potentialtrichter des Planeten zu heben – ein Vorgang, zu dem die Eigenbewegung des Jupiters natürlich nichts beitragen kann.

2.4. Die Wirkungssphären und ihre Anwendung zur näherungsweisen Berechnung interplanetarer Flüge

Im vorangehenden wurde mehrfach vom „Rand des Potentialtrichters“ oder davon gesprochen, daß der Körper „den Potentialtrichter verläßt“. Diese Ausdrucksweise ist nicht unproblematisch; denn wegen der in Gl. (7) gegebenen Abhängigkeit des Potentials von der Entfernung r gibt es keine scharfe Grenze für das Gravitationsfeld eines Körpers. Es reicht vielmehr über beliebig große Entfernen. Wegen des allmählichen Übergangs kann auch nicht angegeben werden, wo der Potentialtrichter eines Planeten aufhört und der Potentialtrichter der Sonne anfängt.

Aus Abb. 6 geht hervor, daß in der Nähe des Planeten der Einfluß der Sonnenanziehung vernachlässigbar klein ist. Bei der Berechnung von Bahnen, die in der Nähe des Planeten verlaufen, darf daher so verfahren werden, als ob nur Planet und Raumflugkörper vorhanden wären, also ein „Zweikörperproblem“ vorliege. Andererseits läßt Abb. 6 aber auch erkennen, daß die Gravitation des Planeten in größerer Entfernung (bei der Erde etwa in mehr als doppelter Mondentfernung) recht unbedeutend ist und es daher eine gute Näherung darstellt, so zu verfahren, als ob nur Sonne und Raumflugkörper vorhanden wären. Ernstige Schwierigkeiten bereitet nur der Zwischenbereich. Er müßte als „Dreikörperproblem“ behandelt werden. Um den damit verbundenen hohen mathematischen Aufwand zu umgehen und eine näherungsweise Bahnberechnung zu ermöglichen, geht man seit Laplace (1749–1827) so vor, daß man nur die zwei Systeme Planet–Körper und Sonne–Körper unterscheidet und den Zwischenbereich geeignet auf beide Systeme aufteilt. Dem Planeten mit der Masse M_P wird eine sogenannte *Wirkungssphäre* mit dem Radius

$$r_W = 0,87 \left(\frac{M_P}{M_S} \right)^{2/5} a \quad (11)$$

zugeschrieben,

wobei M_S die Masse der Sonne und a der Abstand des Planeten von der Sonne ist.

Die Wirkungssphäre der Erde hat einen Radius von 805 000 km. Sie schließt die Wirkungssphäre

des Mondes gegenüber der Erde ein. Die Mond-Wirkungssphäre hat 57 600 km Radius. Der Halbmesser der Wirkungssphäre des Jupiters beläuft sich dagegen auf $42 \cdot 10^6$ km.

Mit Hilfe des Begriffes der Wirkungssphären läßt sich der Flug zu einem Nachbarplaneten in erster Näherung wie folgt darstellen:

1. Bewegung in der Wirkungssphäre der Erde auf Keplerbahnen (z. B. elliptische Aufstiegsbahn, kreisförmige Parkbahn, von da aus hyperbolische Fluchtbahn);
2. Bewegung auf Ellipsen-, Parabel- oder Hyperbelbahnen im Gravitationsfeld der Sonne;
3. Eindringen in die Wirkungssphäre mit der Relativgeschwindigkeit Δv , Bewegung auf einer Hyperbelbahn, nach Abbremsung auch auf einer Ellipsenbahn oder Kreisbahn um das Zentrum des Planeten.

Die Vorstellung, daß an der Oberfläche der Wirkungssphäre die Herrschaft des einen Zentralkörpers abrupt aufhört und die des anderen Zentralkörpers anfängt, reduziert das Problem der Bahnberechnung darauf, den Ort des Durchtritts durch die Wirkungssphäre als neuen Injektionspunkt und den Geschwindigkeitsvektor im Moment des Durchtritts als neue Injektionsgeschwindigkeit zu ermitteln, wodurch der weitere Bahnverlauf festgelegt ist. (Unter *Bahninjektion* versteht man bekanntlich das Absetzen eines Raumflugkörpers in die antriebslos durchflogene Freiflugbahn, normalerweise mit dem Brennschluß der Trägerrakete zusammenfallend).

Das eben Gesagte werde an Hand der Abb. 8 für den Abflug von einem Planeten näher erläutert. Ist der Injektionspunkt A (der z. B. mit einem Punkt der Parkbahn identisch sein kann) und die Injektionsgeschwindigkeit nach Größe und Richtung gegeben, dann läßt sich die Aufstiegsbahn AP_1 im Gravitationsfeld des Planeten leicht ermitteln. Damit ist aber auch der Durchstoßpunkt P_1 durch die Oberfläche der Wirkungssphäre und der Geschwindigkeitsvektor $\vec{\Delta v}$ bestimbar. Der Punkt P_1 wird nunmehr als neuer Injektionspunkt für die Freiflugbahn im Gravitationsfeld der Sonne angesehen. Die in P_1 vorliegende Injektionsgeschwindigkeit v ergibt sich durch vektorielle Addition der Kreisbahngeschwindigkeit \vec{v}_K des Planeten zur Überschußgeschwindigkeit $\vec{\Delta v}$, mit der der Raumflugkörper aus der Wirkungssphäre des Planeten austritt. Um im Gravitationsfeld der Sonne eine Bahn bestimmter Form und Lage zu erzielen, muß P_1 an der richtigen Stelle liegen und v eine bestimmte Richtung und einen bestimmten Betrag besitzen. Das erstere hat

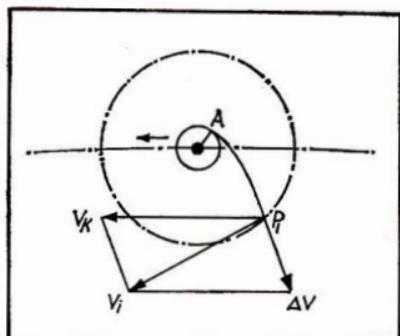


Abb. 8: Zur Ermittlung der Injektionsgeschwindigkeit v bei Verlassen der Wirkungssphäre eines Planeten.

Abb. 9 (rechts): Hohmann-Bahn zu einem sonnenferneren Planeten.

man durch geeignete Wahl des Startzeitpunktes und der Aufstiegsbahn und das letztere durch geeignete Wahl des Geschwindigkeitsvektors Δv in der Hand.

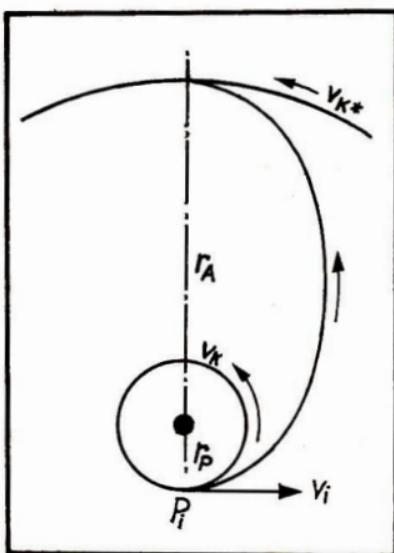
Die im ersten Injektionspunkt A erforderliche Gesamtgeschwindigkeit v_{ges} kann mit Gl. (10) berechnet werden, wenn unter Δv die Geschwindigkeit verstanden wird, mit der der Körper die Wirkungssphäre verläßt. Bei einem Start von der Erdoberfläche ist $v_F = 11,2 \text{ km/s}$ zu setzen, bei Abflug von einer kreisförmigen Parkbahn jedoch $v_F = \sqrt{2} v_K$, wenn v_K die Kreisbahngeschwindigkeit auf der Parkbahn ist.

Der Einfug in den Bereich des Zielpianeten muß analog behandelt werden. Zunächst muß im (nichtrotierenden) Bezugssystem der Sonne festgestellt werden, in welchem Punkt Q der Raumflugkörper auf die sich mit der Kreisbahngeschwindigkeit v_K des Zielpianeten vorwärtsbewegende Wirkungssphäre trifft. Alsdann ist zu ermitteln, welche Geschwindigkeit v der Raumflugkörper in diesem System hat. Subtrahiert man nun von v den Vektor v_K^* , so erhält man die Geschwindigkeit Δv , mit der der Raumflugkörper in die Wirkungssphäre des Zielpianeten

eindringt. Q ist als Injektionspunkt und Δv als Injektionsgeschwindigkeit für die Freiflugbahn im Gravitationsfeld des Zielpianeten anzusehen. Dabei wird die Bewegung von einem nichtrotierenden Bezugssystem aus beschrieben, das sich mit dem Planeten mitbewegt.

2.5. Hohmann-Bahnen

Besonders leicht läßt sich die Berechnung der Übergangsbahn von der Wirkungssphäre des



einen Planeten zur Wirkungssphäre des anderen durchführen, wenn ein Spezialfall, nämlich die sogenannte Hohmann-Bahn, betrachtet wird. Sie ist durch zwei Dinge gekennzeichnet:

1. Die Geschwindigkeit Δv , mit welcher der Körper aus der Wirkungssphäre austritt, und folglich auch die Injektionsgeschwindigkeit v zeigen in Richtung der Bahntangente des Startplaneten.

2. Die Bahn ist eine Ellipse, welche die Kreisbahn des Zielpianeten nicht schneidet, sondern in einem Punkte berührt (Abb. 9). Das letztere ist gleichbedeutend damit, daß der Körper in die Wirkungssphäre mit einer Relativgeschwindigkeit Δv eindringt, die der Bahngeschwindigkeit v_K^* des Zielpianeten parallel ist.

Die große Bedeutung der Hohmann-Bahnen liegt darin, daß sie den geringsten Energieaufwand erfordern. Zu ihrer Berechnung genügen die beiden Formeln

$$v_P = \sqrt{2g \frac{r_A}{r_P r_A + r_P}} \cdot R = v_K \sqrt{2 \frac{r_A}{r_A + r_P}} \quad (12)$$

$$v_A = \sqrt{2g \frac{r_P}{r_A r_A + r_P}} \cdot R = v_K \sqrt{2 \frac{r_P}{r_A + r_P}}, \quad (13)$$

die sich ergeben, wenn man den Energieerhaltungssatz (5) mit dem Drehimpuls- oder Flächensatz in der Form

$$v_A \cdot r_A = v_P \cdot r_P \quad (14)$$

miteinander kombiniert. Dabei bedeuten: v_p und v_A = Geschwindigkeit im Perihel bzw. Aphel; r_p und r_A = Abstand des Perihels bzw. Aphels vom Sonnenmittelpunkt; g = Fallbeschleunigung an der Sonnenoberfläche; R = Radius der Sonne; v_K = Kreisbahngeschwindigkeit des Startplaneten.

Gl. (12) ist zu benutzen, wenn der Injektionspunkt mit dem Perihel der Hohmann-Bahnellipse identisch ist, der Flug also zu den äußeren Planeten gehen soll. Gl. (13) ist für Reisen zu sonnennäheren Planeten zu benutzen. Im ersten Falle ist r_p gleich dem Bahnradius des Startplaneten und $v_p > v_K$ die erforderliche Injektionsgeschwindigkeit. Im letzteren Falle sind r_A und Bahnradius des Startplaneten identisch und $v_A < v_K$ ist als Injektionsgeschwindigkeit aufzufassen.

Beispiel:

Mit welcher Relativgeschwindigkeit Δv muß eine Sonde, die auf einer Hohmann-Bahn zum Jupiter gelangen soll, die Wirkungssphäre der Erde verlassen und welche Geschwindigkeit muß die Trägerkabine der Sonde vermitteln?

Lösung: Es ist $r_p = r_E = 149,6 \cdot 10^6$ km
 $r_A = r_J = 778 \cdot 10^6$ km

Aus Gl. (12) ergibt sich für die erforderliche Injektionsgeschwindigkeit

$$v_p = 29,8 \text{ km/s} \sqrt{\frac{2 \cdot 778}{927,6}} = 38,6 \text{ km/s} = v_i.$$

Die Relativgeschwindigkeit der Sonde muß demnach $\Delta v = 8,8 \text{ km/s}$ betragen.

Aus Gl. (10) folgt $v_{\text{ges}} = \sqrt{11,2^2 + 8,8^2} \text{ km/s}$ oder $v_{\text{ges}} = 14,2 \text{ km/s}$

(Teil III erscheint in Heft 5/81).

Interview mit Prof. Dr. M. K. V. BAPPU

Präsident der Internationalen Astronomischen Union, Indisches Institut für Astrophysik, Bangalore

(Das Interview führte Dr. Juri GRYGAR, ČSSR, am 13. August 1980).

Interviews mit berühmten Persönlichkeiten haben ein übliches Ritual: die Zeit ist knapp begrenzt, der Frager ist als Folge davon nervös und der zu Befragende ist teilweise zerstreut, da sein bedeutender Status ihn immer erzieht durch die offiziellen Pflichten. Deshalb traute ich meinen Augen fast nicht, als Prof. Bappu während einer kürzlichen Europareise nahezu einen gesamten Tag Zeit für einen Aufenthalt in Hvar

(Beobachtungsstation des Observatoriums Ondřejov in Jugoslawien, S. M.) hatte. Dadurch waren wir in der Lage, über verschiedene Probleme zu plaudern und Prof. Bappu erzählte und hörte auch sehr aufmerksam zu. Auf diese Weise entstand ein ungewöhnliches Interview, das hier mit dem Einverständnis von Prof. Bappu veröffentlicht wird.

Prof. M. K. V. Bappu wurde für den regulären Turnus von 3 Jahren während der letzten Generalversammlung 1979 in Montreal als Präsident der IAU gewählt. Er ist ein bedeutender Wissenschaftler auf dem Gebiet der Stern- und Sonnenspektroskopie. Seine astronomischen Interessen sind jedoch viel breiter und sie prädestinieren ihn direkt für seine jetzige Position. Zum Zeitpunkt der Wahl war er 52 Jahre und damit relativ jung für einen Präsidenten einer derart bedeutenden wissenschaftlichen Union. Er ist eine angenehme Persönlichkeit, offen, herlich und modern. Er hat ein außergewöhnliches Gedächtnis für Daten, Namen und Umstände besonderer Beobachtungen.

Ich ging mit ihm zuerst zum 65 cm-Reflektor, der in Hvar für photoelektrische Sternphotometrie genutzt wird. Das Teleskop befindet sich in einem einfachen Holzpavillon mit abfahrbarem Dach, das Photometer ist ein Einkanal-Photometer, die Daten werden mit Hand niedergeschrieben, die Sterne werden per Hand eingestellt, es gibt nichts Besonderes am Photometer. Die Nacht war weit von einer guten entfernt, es gab sogar viel Wolken. Nichtsdestoweniger schien es, daß sich Prof. Bappu am Teleskop am meisten zu Hause fühlte. Er stellte schnell Fragen, war an allen technischen Details des Instrumentes interessiert, er berührte alle Griffe und Knöpfe und wenn entsprechendes Wetter gewesen wäre, hätte er sicher selbst eine Reihe von Sternen gemessen.

Vor längerer Zeit hat er an gut ausgerüsteten Instituten der USA (Harvard-Universität, Hale-Observatorium) gearbeitet und ihm war klar, daß er an ein Observatorium zurückgekehrt war mit alten Instrumenten; so zollte er den technischen Details moderner Instrumente viel Zeit. Wenn er schließlich nach Indien zurückkehrt, hat er in seinem Gepäck verschiedene optische Bauteile und einen Photomultiplier. „Auf dem Rückweg hielt ich mich für eine Zeit in Großbritannien auf“, erinnerte sich Prof. Bappu, „und ich sprach dort mit Prof. H. Plaskett. Er gab mir wertvolle Ratschläge zur Erforschung der Sonne, da man hier gerade mit kleinen Instrumenten gute Ergebnisse erhält, wenn man Geduldig, gründlich und systematisch ist. Das war ein guter Rat und ich hatte ihn in meinem Gedächtnis, wenn ich zu Hause eine Arbeit begann.“

Erstens ist genug einfallendes Licht von der Sonne da, und mehr noch ist die Sonne der einzige Stern, von dem wir die Oberfläche leicht studieren können. So hat alles, was auf der Sonnenoberfläche entdeckt wurde, unmittelbare Folgerungen für das Studium entfernter Sterne".

Was ist mit der Sonne? Sollten wir nicht wesentliches erreichen, wenn wir die derzeitigen Beobachtungen der Sonne analysieren? Hier ist das Resultat des Davis-Versuchs zur Entdeckung der Sonnenneutrinos schon fast ein negatives, denn wir haben nach Celdy die Vermutung über die säkulare Schrumpfung der Sonne (eventuell ein Test der Gravitationskontraktion als Quelle der Sonnenenergie?) und Prof. Severny (Krim-Observatorium) und seine Mitarbeiter entdeckten die Sonnenoszillationen, welche durch die homogene chemische Zusammensetzung der ganzen Sonne erklärt würden (das ist eine Änderung der Hypothese über die thermonuklearen Reaktionen, die im Kern der Sonne vor sich gehen). Prof. Bappu nimmt an, daß es keine Probleme gibt, vor deren Lösung wir uns fürchten müssen.

„Ich war vor einiger Zeit in Moskau“ fuhr Prof. Bappu fort, „und hörte dort einen Vortrag von Akademiemitglied Zeldovič, der überzeugt ist, daß das Problem der solaren Neutrinos durch neue physikalische Experimente und neue astrophysikalische Erklärungen gelöst wird. Auf diesem Wege, sagte er, ist es wichtig, daß es keine Zweifel mehr an der Richtigkeit der Urknalltheorie für die Bildung des Weltalls gibt. Ich denke nicht, daß dadurch der Fall der schrumpfenden Sonne und der solaren Oszillationen Bekräftigung findet. Ich glaube, daß wir noch ein wenig warten müssen, da diese Fragen am Rande liegen. Wahrscheinlich sind wir nach dem Symposium auf der Krim, das 1981 stattfindet, klüger.“

Es gibt auch andere Probleme, die mich beschäftigen. In einer ganz neuen Veröffentlichung behaupten die Autoren, daß der Stern α Centauri $6 \cdot 10^9$ Jahre alt ist. Damit wäre er im Gegensatz zu früheren Meinungen älter als die Sonne. Deshalb sollten die Linien von Kalzium und wahrscheinlich auch von Lithium schwächer sein als bei der Sonne, während die Beobachtungen im Gegensatz dazu stehen. Im allgemeinen möchten wir wissen, wie die Leuchtkraft der Sonne, sagen wir vor einer Milliarde Jahre war, insbesondere ihre Ultraviolettleuchtkraft. Ich denke, daß wir die feinen Details der Sonnenoberfläche im Licht der Kalziumlinie untersuchen sollten mit dem Ziel, den Kontrollmechanismus herauszufinden. Konvektion ist offenbar nicht ausreichend, hauptsächlich nicht zur Erklärung von

entwicklungsbedingten Veränderungen. Am problematischsten ist die Berücksichtigung des Einflusses des veränderlichen Magnetfeldes. Ein ernstes Problem ist die Unkenntnis des tatsächlichen Mechanismus, der den Zyklus der Sonnenaktivität steuert; es ist ein prinzipielles Problem, dem die Sonnenphysiker gegenüberstehen.

Wenn wir uns den Sternen zuwenden, werde ich verwirrt durch die Tatsache, daß die roten Riesen stärkere Kalziummissionen haben, je weiter entfernt sie von der Hauptreihe sind, da wir gleichzeitig starke Kalziumemissionen besonders bei den jüngsten Sternen der Hauptreihe beobachten. Die Entwicklungsprobleme sind besonders wichtig, sowohl von seiten des Beobachtung als auch der Theorie und viel Arbeit muß auf diesem Gebiet getan werden.“

Sie sind in erster Linie Beobachter. Waren Sie an der historischen Beobachtung der Entdeckung der Uranusringe am 10. März 1977 beteiligt? „Nicht direkt, die Beobachtungen in Kavalur wurden durch Dr. J. C. Bhattacharyya und K. Kuppuswamy gemacht. Am nächsten Tag brachte Dr. Bhattacharyya die photometrischen Aufzeichnungen nach Bangalore, wo wir die Papierstreifen, um sie nicht zu zerschneiden, über das ganze Zimmer ausbreiteten und nach Einsenkungen in den Aufzeichnungen suchten. Wir fanden viele Einsenkungen und auf dieser Grundlage bereiteten wir eine Nachricht an das Zentralbüro für Astronomische Telegramme in Cambridge, Mass., vor. Die Beobachtungen von Kavalur waren die genauesten, da der Reflektor das größte Instrument ist, das für diese Beobachtungen eingesetzt war. Natürlich erwartete niemand Satelliten oder Ringe; das ursprüngliche Ziel der organisierten Beobachtungen war, eventuell Spuren einer schwachen Atmosphäre des Planeten zu finden. Die gründliche Planung des Experiments führte dann wahrscheinlich zur Entdeckung der Ringe. Dr. Bhattacharyya ist wahrscheinlich auch der einzige Astronom, der die Verfinsternis des Sternes durch den Ring Epsilon visuell gesehen hat. Das war zweifellos das aufregendste Ereignis und es ist interessant zu sehen, daß beide Beobachter ihre eigenen instruktiven Deutungen hatten. Kuppuswamy bemerkte das plötzliche Ausbleiben des Signals in der Aufzeichnung und rief aus: „Stern außerhalb der Blende“. Dr. Bhattacharyya eilte zum Sucher, (glücklicherweise hatte er die Blende nicht kontrolliert) und sah keinen Stern im Feld. Er wollte die Position des Teleskopes korrigieren, aber ein anderer Glücksumstand war, daß es unmöglich war, die Kontrollmöglichkeit (der Feinbewegung des Teleskopes) vom Sucher zu erreichen. Und dann erschien

der Stern plötzlich wieder richtig im Zentrum des Feldes, da die Verfinsternung nur 9 Sekunden dauerte. Solch eine Beobachtung passiert einem Astronomen weniger als einmal im Leben. Ich habe sie nicht gehabt, aber ich bin noch ein regulärer Beobachter in Kavalur. Ausgenommen die Monsunperioden, habe ich 8 bis 10 festgelegte Nächte pro Monat beobachtet.

Wie halte ich Kontakt mit dem Fortschritt der Astronomie?

„Sicherlich ist meine Zeit beschränkt, aber ich werfe jeden Tag einen Blick in die Literatur. Ich besuche regelmäßig die Bibliothek, wo ich wenigstens die Titel und Zusammenfassungen der neu eingegangenen Arbeiten lese. Früher hatte ich mehr Zeit, während mein Lesen jetzt oberflächlicher ist. Aber ich weiß, wenn ich mehr als 2 bis 3 Tage verliere, werde ich nie mehr aufholen. Die Literatur ist noch die wichtigste Informationsquelle für mich; wichtiger als persönlicher Kontakt – ich reise weniger als Sie erwarten. Ich bin ein- oder zweimal im Jahr unterwegs und dabei bin ich normalerweise so beschäftigt, daß keine Zeit ist, mit den Kollegen über ihre laufenden Forschungen zu sprechen.“

Als ich in den USA am Mt. Wilson Observatorium arbeitete, wurden dort in kürzerer Zeit einige wichtige Arbeiten von meinem älteren Kollegen gemacht. Merrill entdeckte Technetium in kühlen Sternen, Babcock begann mit seinem Magnetographen das solare Magnetfeld mit hoher Genauigkeit zu messen, Nicholson entdeckte den 12. Mond des Jupiter (das ist vergleichbar mit der Leistung Galileis) und Baade fand, daß das Universum aufgrund der Korrektion des Nullpunkts der Perioden-Leuchtkraftbeziehung der Cepheiden viel größer ist als zuvor angenommen wurde. Und über alle diese bedeutenden Arbeiten war ich direkt informiert. Ich habe den Eindruck, daß die Leute in dieser guten alten Zeit nicht so stark an Prioritäten interessiert waren wie jetzt.“

Wie wurde ich Astronom?

„Das ist eine längere Geschichte. Die erste Beührung kam durch meinen Vater, der Astronom am Hyderabad Observatorium war. Er verfolgte die Lichtvariation veränderlicher Sterne und er lehrte mich, in einem Feld Sterne anhand von Karten zu identifizieren. Er lehrte mich auch, bestimmte Konstellationen wiederzuerkennen. Jedoch mein Vater ging in den Ruhestand und ich hatte keinen Zugang zu einem Teleskop. In dieser Zeit hatte ich den geheimen Wunsch, Kometen zu entdecken. Ein Held meiner Kindheit war der Amateurastronom L. C. Peltier, der 12 Kometen gefunden hat.

Deshalb verstanden er und ich uns gut, als wir uns viele Jahre später (1979) in seinem Haus in Ohio trafen. Peltier war fast 80 Jahre, aber er beobachtete noch veränderliche Sterne für den A.A.V.S.O. Er zeigte mir sein Observatorium, für das er einen 6 inch-Refraktor von der Princeton-Universität gekauft bekommen hat. Er benutzt eine sehr sinnreiche Montierung mit einem bewegten Sitz, entsprechend der Neigung des Teleskops. Peltier arbeitete sein ganzes Leben in einer Fabrik, die Holzspielzeug und Möbel herstellte. Deshalb hatte er die Geschicklichkeit, sein Observatorium so komfortabel auszurüsten.“

Natürlich hatte ich keine Idee, wie ich Berufs-astronom werden konnte. Ich erhielt ein Stipendium für ein Studium als Elektro-Ingenieur und es war gut möglich, daß ich Ingenieur geworden wäre, wenn nicht günstige Umstände entstanden wären. Unsere Stadt wurde 1947 von Professor H. Shapley, einem hervorragenden amerikanischen Astronomen und Direktor des Harvard-Universitäts-Observatoriums besucht. Ich las über den bevorstehenden Besuch in der lokalen Zeitung. Prof. Shapley war eine Art staatlicher Gast. Er wohnte im Regierungshotel. Und dann traf ich eine Entscheidung. Am frühen Morgen zog ich meine besten Sachen an und ging zum Hotel. Es war so früh, daß in der Vorhalle kein Personal war. Niemand erwartete, daß so früh am Tage jemand in das Hotel kommen würde. So schlüpfte ich leicht hinein und hatte dann tatsächlich großes Glück – die Haupttreppe herunter kam Prof. Shapley selbst. Ich kannte ihn von Photographien und so ging ich direkt auf ihn zu. Es zeigte sich, daß er rauchen wollte und Streichhölzer suchte.“

Ich stellte mich als Student vor, der Interesse an Astronomie hat und Prof. Shapley unterhielt sich mit mir. Als die offiziellen Persönlichkeiten erschienen, waren wir tief in einer wissenschaftlichen Diskussion und niemand wies mich raus. Prof. Shapley war sehr interessiert und er lud mich für den nächsten Tag zu einem weiteren Gespräch ein. Dann lud er mich nach Harvard ein. Dort gab es ein Hyderabad-Universitäts-Stipendium, das mein Studium in Harvard ermöglichen sollte. Prof. Shapley ging weg und für einige Zeit sah es so aus, daß ich nie zu einem Diplom kommen sollte. Doch Prof. Shapley vergaß es nicht und nach ungefähr einem Jahr schickte er einen offiziellen Brief an den Rektor unserer Universität, warum es Verzögerungen gibt. Dann ging alles sehr glatt und ich erhielt ein Stipendium. Das war in der Tat sehr entgegenkommend und ich bewunderte Prof. Shapley immer, der eine faszinierende Persönlichkeit war.“

Als ich in den USA war, traf ich auch einen anderen bedeutenden Astronomen, Prof. O. Struve. In dieser Zeit war ich noch nicht ganz sicher, was ich nach meiner Rückkehr nach Hause tun sollte, welchem Job ich mich zuwenden sollte usw. Es gab jedoch einige Hinweise, daß ich die Position eines Direktors an einem indischen Observatorium erhalten könnte. Ich zögerte, da ich befürchtete, zu wenig Zeit für die Forschung zu haben. Ich beriet mich mit Prof. O. Struve, der mich warnte, Direktor zu werden; meine Hände wären gebunden und ich wäre nicht in der Lage, das zu tun, was ich möchte. In diesem Rat waren wahrscheinlich seine persönlichen Erfahrungen. Als ich mit Prof. Shapley sprach, riet er mir begeistert zu, diese Stellung anzunehmen: Der Nutzen, als Direktor das wissenschaftliche Profil Ihres Instituts frei zu bestimmen, ist wichtiger als die Pflichten, die aus der Position des Direktors folgen.

Schließlich folgte ich Prof. Shapleys Rat und ich muß sagen, daß ich es bis jetzt nicht bereue. So wurde ich mit 27 Jahren Direktor eines „Observatoriums“, wo keine Beobachtungen möglich waren, da die Stadt permanent im Dunst lag. Ich war ziemlich deprimiert, begann aber einen harten Kampf, um das Observatorium in die Berge zu verlegen. Schließlich hatte ich Erfolg und das war gut“.

Professor Bappu, das ist meist eine Standardfrage: Was würden Sie tun, wenn Sie jetzt am Anfang Ihrer astronomischen Karriere stehen würden, oder anders, was ist Ihr Rat an den astronomischen Nachwuchs?

Prof. Bappu schwieg eine Weile und dann begann er eine lange Passage eines „Longfellow“-Gedichtes zu rezitieren.

Der Schwerpunkt war, daß man hart arbeiten soll, um etwas zu erreichen. Weiter sagte er: „Ich werde einen ungewöhnlichen Rat geben. Man soll die Biographien bedeutender Persönlichkeiten lesen. Ich selbst las in meiner Kindheit die Biographien hervorragender Wissenschaftler: Kelvin, Rayleigh, J. J. Thomson, Maxwell, Raman. Ich war sehr neugierig, welche Umstände ihr Leben bestimmten, was sie über die Welt dachten, was die Motive für ihre Forschungsarbeit waren, wie und wann sie ihre eigene wissenschaftliche Arbeit begannen usw. Es gibt keinen Zweifel, daß solche außergewöhnlichen Persönlichkeiten die Wissenschaft ihrer Zeit ganz wesentlich bestimmten. Und was war die Quelle ihrer Inspiration?

Es ist außerhalb jedem Zweifel, daß es zuerst die Arbeit ihrer Vorgänger ist, darauf setzen sie sich neue Ziele, die sie schließlich auch erreichen. Ich glaube das stimuliert sehr, besonders junge

Leute. Vor meinem Besuch bei Peitier las ich seine veröffentlichte Biographie „Sternlicht in der Nacht“. Ich denke, daß jeder, der sie liest, mit mir übereinstimmt, daß man mit harter Arbeit das erreicht, was man möchte“.

(Die Redaktion dankt Herrn Dr. Grygar für seine freundliche Unterstützung und Vermittlung. – Übersetzt aus dem Englischen von Dr. S. Marx.)

Lichtelektrische Photometrie für Amateure II

C. RENSCHEN

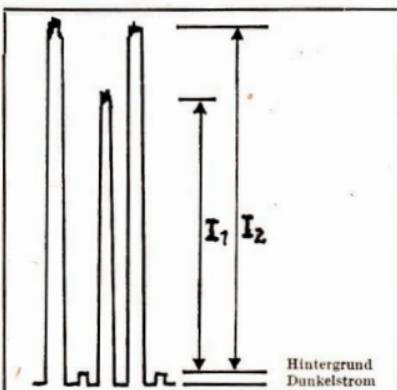
Anknüpfend an die Darstellung des Aufbaues eines lichtelektrischen Photometers soll nun näher über Auswertemethoden und erste Beobachtungsergebnisse berichtet werden.

Bei der Auswertung wird von der Beziehung zwischen Intensitätsverhältnis und Größenklassendifferenz ausgegangen.

$$\Delta m = -2,5 \lg I_1/I_2 \quad (1)$$

Um den Einfluß der Helligkeit des Himmels hintergrundes zu eliminieren, der additiv in allen Meßwerten enthalten ist, ist es notwendig, sie laufend zu registrieren. Die Ausschläge des Schreibers in Abb. 1, I_1 und I_2 , bezogen auf den Himmelshintergrund, sind zunächst ein Maß für die Lichtintensität der beiden Sterne in willkürlichen Einheiten (z. B. in Millimetern). Bei der Quotientenbildung nach Formel (1) fällt

Abb. 1: Auswertbare Messung.



diese Maßeinheit heraus, und bestimbar wird die Größenklassendifferenz beider Sterne im Farbbereich des verwendeten SEV. Eine Bestimmung von Größenklassendifferenzen im internationalen UVB-System erfordert einen geeigneten Filtersatz und den Anschluß des so entstandenen Farbsystems des Instrumentes ubv an das internationale Farbsystem durch Ausmessen von Standardsternen.

Bei den meisten Messungen ist es notwendig, mindestens einen Vergleichsstern zu messen, Ausnahmen sind lediglich Beobachtungen kurzzeitiger Phänomene wie Sternbedeckungen durch Mond oder kleine Planeten. Die Messung des Vergleichssterns dient zur Korrektur der Beobachtungen hinsichtlich Extinktion und gleichzeitig zur Beurteilung der Qualität der Nacht und des Zustandes der Meßapparatur. Die mittlere Extinktion ist zwar in Tabellen (z. B. Ahnert: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen) angegeben, die wirklich auftretenden Verläufe der Lichtschwächung in Abhängigkeit von der Zenitdistanz weichen jedoch ortsspezifisch und je nach Wetterlage erheblich davon ab. Stehen Vergleichsstern und Meßobjekt weit auseinander, so besteht auch die Möglichkeit der Verfälschung der Meßergebnisse durch differentielle Extinktionseffekte; der Extinktionsverlauf der beiden Orte ist unterschiedlich, was langsame Helligkeitsvariationen vortäuschen kann. Dieser Effekt kann allerdings in den meisten Fällen vernachlässigt werden.

Die Streuung der Einzelmessung des Vergleichssterns bezüglich der Extinktionskurve der Beobachtungsnacht ist dann ein Maß für die Genauigkeit der Meßwerte des Beobachtungs-

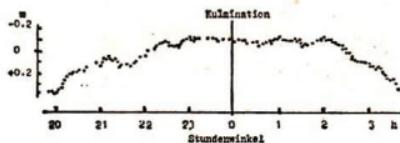
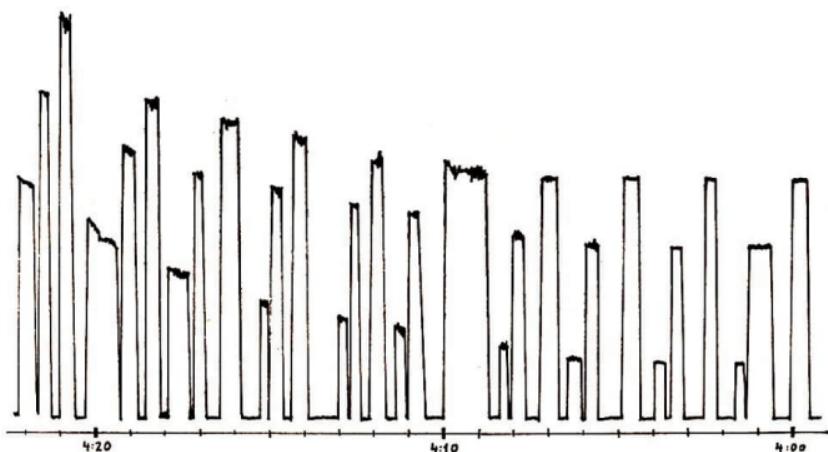


Abb. 2: Typischer Extinktionsverlauf der Volkssternwarte „Adolf Diesterweg“ in Radebeul.

objektes, wenn Vergleichsstern und Meßobjekt fast gleiche Helligkeit und Position haben. Der Extinktionsverlauf ist z. B. durch Darstellung der Helligkeit des Vergleichssterns in Abhängigkeit vom Stundenwinkel gewinnbar. Für eine solche Darstellung ist es zunächst unerheblich, in welchem Maßsystem die Helligkeit des Vergleichssterns aufgetragen wird; dies können z. B. Spannungswerte der Meßapparatur oder Ausschläge des Schreibers in Millimetern sein. Der nächtliche Durchschnittswert kann dann als Vergleichsgröße für den Vergleichsstern herangezogen werden und auf diesen bezogene Größenklassendifferenzen sind berechenbar. Abb. 2 zeigt einen solchen für die Volkssternwarte „Adolf Diesterweg“ in Radebeul typischen Extinktionsverlauf. Der Stern (Deklination -10°) taucht aus dem Dunst der Stadt Dresden, von Radebeul aus östlich des Meridiens gelegen, unter relativ starken Helligkeitsfluktuationen auf, seine Heli-

Abb. 3: Ausschnitt aus einer Registrierung von Planetoid 7 Iris am 9. 9. 80. Die beginnende Dämmerung macht sich in einer exponentiellen Zunahme der Helligkeit des Himmelshintergrundes bemerkbar.



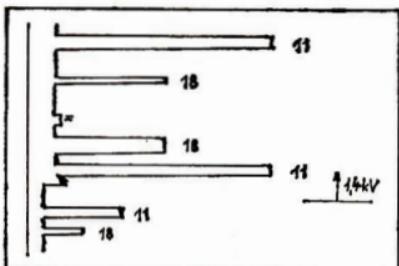
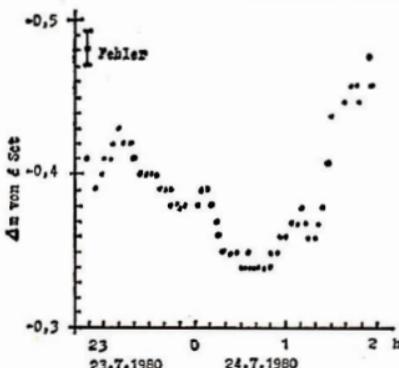


Abb. 4: Ausschnitt aus einer Plejadendurchmusterung mit SEV-Typ M12 FS 35; Helligkeit der Sterne: Nr. 11-7,51 mag, Nr. 18-9,06 mag.
Abb. 5: Beobachteter Lichtwechsel von δ Sct.



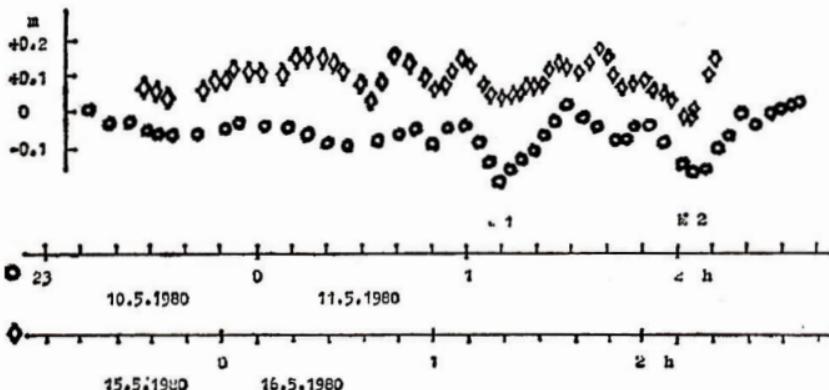
ligkeit in der Nähe des Meridians entspricht dann gut dem nach Tabelle zu erwartenden Extinktionsverlauf und verschwindet unter starkem Helligkeitsabfall im Dunst des Industriegebietes von Coswig.

Derartige Kurven zeigen auf einprägsame Art die Schwierigkeiten der exakt messenden Photometrie in unmittelbarer Nähe von großen Städten und industriellen Ballungsgebieten. Überraschungen bereitete auch der Schornstein eines nahen Industriewerkes, der nachts Rauchschwaden von am Tage nie beobachteter Intensität aussieß, die zu plötzlichen, zunächst unerklärbaren Intensitätseinbrüchen bei entsprechender Windrichtung führten. Schwierigkeiten bereitete auch der Aufzug von dünner

Abb. 6: Rotationslichtwechsel des kleinen Planeten Irene 14. Vergleichssterne: SAO 140590 und SAO 140557.

Cirrusbewölkung, die dann erst bei Mondaufgang oder in der Dämmerung bemerkt wird.

Die Meßsätze (Messung von Hintergrund, Vergleichsstern und Meßobjekt) sollten symmetrisch aufgebaut werden; der Nutzen eines derartigen Vorgehens wird einem besonders in der Dämmerung verständlich, wenn sich der Meßwert der Hintergrundhelligkeit sehr stark ändert (Abb. 3). Ferner ist es empfehlenswert, möglichst zwei Vergleichsstern zu verwenden, die Konstanz ihrer Helligkeitsdifferenz ist ein sehr gutes Genauigkeitskriterium. Die Verwendung von zwei Vergleichssternen führt am Coudé-Refraktor meist zu einem laufenden Umbau, da einerseits ein Sucherfernrohr fehlt und das Photometer nicht in Verbindung mit dem Okularrevolverkopf zu verwenden ist, da der Brennpunkt des Fernrohrobjectivs nicht weit genug außerhalb des Okularrevolvers liegt. Dem ahnungslos in die Kuppel tretenden Sternwarten-



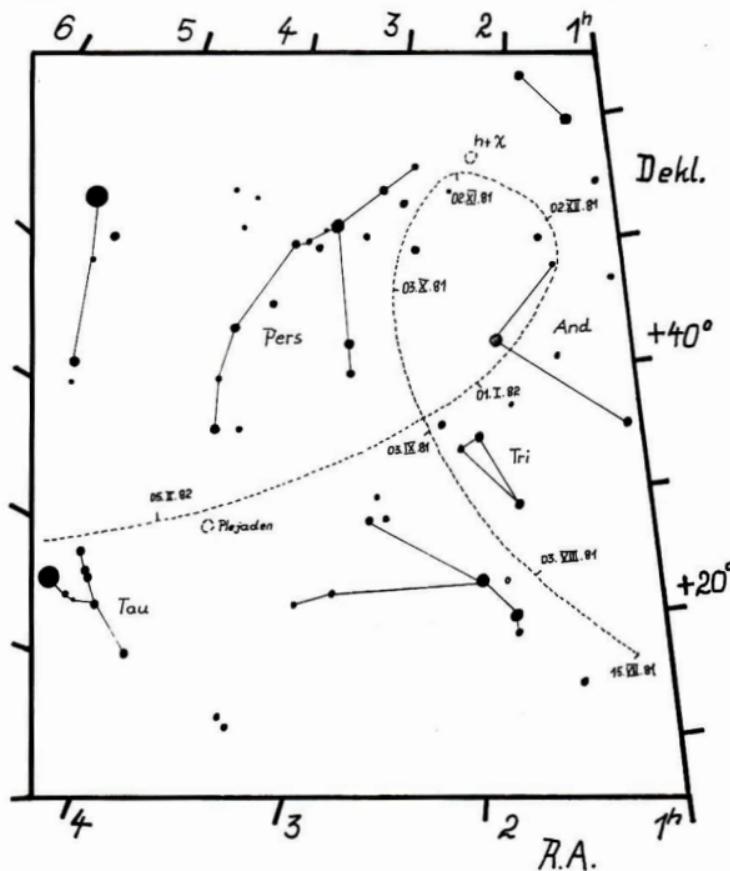
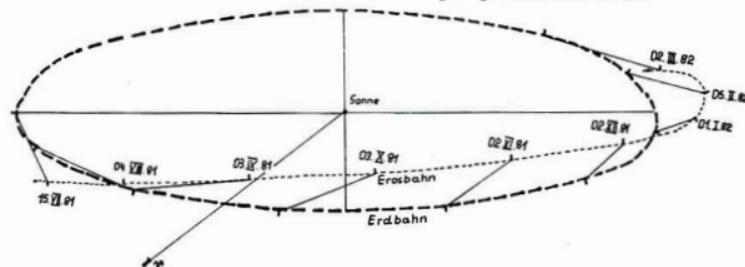


Abb. 1: Scheinbare Bahn von Eros zwischen Juli 1981 und Februar 1982

Zum Beitrag S. 88: Eros-Opposition.

Abb. 2: Wahrer Bewegung von Eros und Erde während der günstigsten Sichtbarkeit 1981/82





Zum Beitrag S. 92: Beobachtung der Kometen.



Zum Beitrag S. 93:

Die Bildseiten II und III vermitteln einen Eindruck vom Erfolg des ZFA Astronomie im KB der DDR bei seinen Bemühungen in der Arbeit mit jungen Amateuren. Die beiden Bilder rechts lassen das ungeteilte Interesse erkennen, welches die exponierten Arbeiten aller Fachrichtungen der Amateurastronomie fanden.





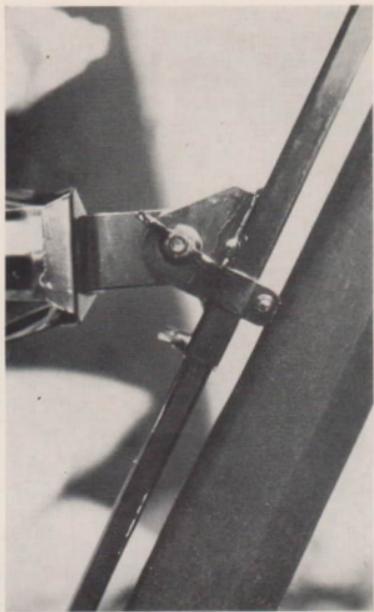
Oben: Auszeichnung besonders aktiver junger Freunde mit der „Ehrennadel für heimatkundliche Leistungen“ des KB durch den Vorsitzenden des ZFA Astronomie, Dr. Klaus Lindner.

(v. l. n. r.: D. Böhme, Dr. Lindner, D. Kitta, K. Kirsch, K. Reichenbächer, K.-H. Mau, F. Rümmler)

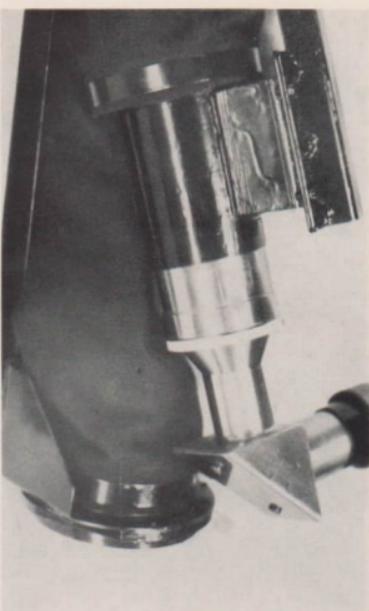
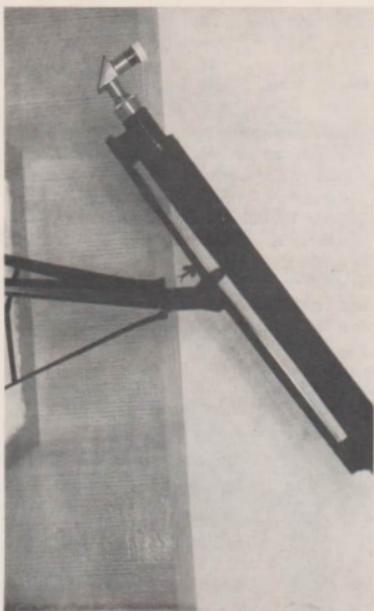
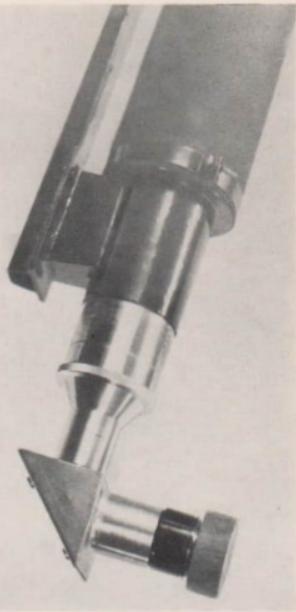
Links und unten: Fachsimpelei in kleinen und großen Gruppen.

(Fotos: D. Hoffmann, K. Kirsch, K.-H. Mau)





Zum Beitrag S. 86: Selbstbau eines zusammenklappbaren Fernrohrs.



besucher erscheint dann das dort Gesehene wie Jongleurie mit Fernrohrzubehör. Der Zeitverlust durch solche Umbauten zwecks Aufsuchung von Vergleichssternen reduziert natürlich die Anzahl der gewinnbaren Meßpunkte erheblich.

Daß trotz all dieser Schwierigkeiten interessante Ergebnisse erzielbar sind, soll kurz gezeigt werden. Abb. 4 zeigt den Teil einer Durchmessung der Plejaden. Die Nummern der Registrierungen entsprechen der Sternnummerierung im Atlas von Marx/Pfau. Mit abnehmender Lichtintensität der Objekte wurde zunächst der Meßbereich des Schreibers durch Ausschalten eines Vorwiderstandes und dann die Hochspannung am SEV erhöht, um die Empfindlichkeit des Apparates zu steigern. Abb. 5 zeigt die Ergebnisse der Beobachtung des ultrakurzperiodischen Veränderlichen δ Sct. Als Vergleichsstern diente ε Sct. Der Veränderliche weist eine Periode von 0,19377 d, entsprechend 4 h 39 min auf, die Amplitude beträgt 0,18 mag (4,98...5,16 mag).

Außerordentlich interessant gestaltete sich die Beobachtung des Rotationslichtwechsels des kleinen Planeten 14 Irene (Abb. 6). Ein Vergleich der beiden Lichtkurven, deren zeitlicher Abstand fünf Tage beträgt, zeigt die Übereinstimmung zahlreicher Details, andererseits jedoch auch Änderungen der Struktur. Derartige Änderungen der Lichtkurven werden auch bei zahlreichen anderen kleinen Planeten beobachtet und sind durch Änderung der Beleuchtungsverhältnisse (der Phasenwinkel änderte sich innerhalb des Beobachtungszeitraumes um 0,7° [1]) verursacht.

Als Rotationsraten stehen nach [2] die Werte 9,47 und 11 Stunden zur Auswahl. Dem beobachteten zeitlichen Abstand der Minima der Lichtkurven M1 und M2 von 119,8333 Stunden entsprechen je nach Anzahl der in Rechnung gesetzten Rotationen Perioden von:

10 Rot. - 11,98333 h	12 Rot. - 9,9861 h
11 Rot. - 10,8939 h	13 Rot. - 9,2179 h

Eine Durchsicht der in [2] genannten Quellen der Rotationsperioden [3], [4] und [5] ergab nun folgendes Bild: In der in [2] als Quelle angegebenen Literaturstelle [3] für die Periode von 9,47 h ist für Irene eine Periode von 5 h 44,1 min unter Bezugnahme auf eine sinusförmige Lichtkurve angegeben, so daß hier offensichtlich ein Druckfehler in [2] vorliegt. Eine Lichtkurve wird in [3] leider jedoch nicht gegeben. Die Periode von 11 Stunden wird in [4] als eine mit Vorsicht zu betrachtende halbe Periode von vielleicht 5 1/2 Stunden eingeführt. In den jüngsten veröffentlichten Beobachtungen in [5] wird lediglich mitgeteilt, daß die beobachteten Lichtschwankungen nicht gegen die in [4]

vorgeschlagene Periode sprechen. Die in [4] und [5] dargestellten Lichtkurven Irenes aus den Jahren 1954 und 1968 zeigen einen der 1980 beobachteten Lichtkurve sehr ähnlichen Verlauf, der durch das Fehlen gut definierter Maxima oder Minima und durch kurzzeitige Lichtschwankungen, die jedoch durch den kleinen Planeten verursacht werden, gekennzeichnet ist. Wie bereits in [5] festgestellt, beträgt die zeitliche Dauer derartiger Schwankungen nur Prozente der möglichen Rotationsperiode und kann nur durch eine Strukturierung der Oberfläche dieses Himmelskörpers erklärt werden. Die 1980 beobachteten Lichtkurven können diesen Sachverhalt nur bestätigen. Ist die Übereinstimmung der Strukturen der Lichtkurven nicht nur zufälliger Natur, was jedoch auf Grund der guten Übereinstimmung nach meiner Meinung sehr unwahrscheinlich ist, käme eine der oben genannten Rotationsperioden in die engere Wahl. Die dargestellten Ergebnisse sollten zeigen, wie der entsprechend ausgerüstete Amateur interessante Ergebnisse erzielen kann, die den Fachastronomen unterstützen.

Um die Möglichkeiten des Photometers noch besser zu nutzen, ist der Bau eines elektronischen Integrators zur Mittelwertbildung und eines Analog-Digitalwandlers mit numerischer Anzeige und Anschlußmöglichkeit für einen Meßwertdrucker vorgesehen. Auch ein Vorsatz zur Bestimmung des Polarisationsgrades des Sternenlichtes ist in Vorbereitung.

An dieser Stelle möchte der Autor dem Kollektiv der Volkssternwarte „Adolf Diesterweg“ in Radebeul und der Applikationsabteilung des VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin recht herzlich für Ihre Unterstützung danken.

Da auch an anderen Volkssternwarten und Amateurstationen Bemühungen hinsichtlich lichtelektrischer Photometer im Gange sind, wäre eine Zusammenarbeit begrüßenswert und hiermit angeregt.

Literatur: [1] Ephemeriden kleiner Planeten 1980, Leningrad 1979, Institut für theoretische Astronomie. – [2] Harris, A. W.; Burns, J. A.: Asteroid Rotation: I. Tabulation and Analysis of Rates, Pole Positions and Shapes. *Icarus*, V. 40 (1979) 115. – [3] Rigollet, R.: Sur les changements d'éclat à courte période des petits planetes et sur la variabilité de (68) Ausonia. *C. R. Acad. Sci. Paris*, V. 230 (1950) 2077–2078. – [4] Groeneweld, I., Kuiper, G. P.: Photometric studies of asteroids II. *Astrophys. J. V. 1200* (1954) 529. – [5] Wamsteeker, W., Sather, R. E.: Minor planets and related objects. XVII. Five-Color photometry of four asteroids. *Astron. J. V. 79* (1974) 1465.

Kosmologie und Philosophie II

Die Physik verdrängt den Mythos

FRITZ GEHLHAR

Auf einem Ball¹ in den Tuilleries kam es zu einem Wortwechsel zwischen Napoleon und Laplace: „Ah, Graf Laplace. Ich habe gerade wieder Ihre Bände über das Weltall durchgesehen. Etwas fehlt in Ihrem bedeutenden Werk‘. – „Sire? – „Sie haben vergessen, den Schöpfer des Weltalls zu erwähnen‘. – Der Graf verbeugte sich, und ein schlaues Lächeln huschte über sein Gesicht: „Sire, ich hatte diese Hypothese nicht nötig“ ([1], S. 13).

Mythos – Spekulation – Physik

F. Engels charakterisiert die Herausgabe von Copernicus' Werk „De revolutionibus orbium coelestium“ (1543) als den revolutionären Akt, durch den „die Naturforschung ihre Unabhängigkeit erklärte und die Bullenverbrennung Luthers gleichsam wiederholte“ ([2], S. 313).

Freilich waren die „Helden jener Zeit“, die „Riesen an Denkkraft, Leidenschaft und Charakter, an Vielseitigkeit und Gelehrsamkeit“, zu denen Engels auch diejenigen rechnet, die die „Emanzipation der Naturforschung von der Theologie“ begründeten, nicht frei von der Theologie, von Altem und Mystischem. Ihre Gedankenwelt stellt eine uns heute seltsam anmutende Mischung von religiös-mythologischen Vorstellungen, naturphilosophischen Spekulationen und dem sich bahnbrechenden naturwissenschaftlichen Denken dar. Copernicus beharrte, konsequenter noch als Ptolemäus, auf dem Dogma der kreisförmigen Bewegung der Himmelskörper, diesem in der Astronomie so lange und so intensiv wirkenden Ergebnis naturphilosophischer Spekulation. Bei Kepler waren die Überlegungen, die ihn nach jahrelanger, mühseliger Arbeit zum Auffinden seiner berühmten Planetengesetze führten, mit zahlenschichtigen Spekulationen, religiösen Motiven und Symbolisierungen usw. durchsetzt (s. [3]). Für Galilei stellten sich die „natürlichen“, d. h. kräftefreien Bewegungen aller Körper als gleichförmig und *kreisförmig* dar. Damit waren ihm auch die Kreisbahnen des Copernicus die natürlichen Planetenbahnen.

„... so erkannte doch Newton hier die Grenzscheidung, welche die Natur und den Finger Gottes, den Lauf der ... Gesetze der erstenen und den Wink des letzteren voneinander scheidet ...“ ([4], S. 184)

Newton's Gravitationsmechanik gestattete es erstmals, kosmologische Überlegungen auf der Grundlage physikalischer Gesetzeserkenntnis anzustellen. Aber gerade dabei zeigten sich auch die Grenzen seiner Theorie.

Erstens konnte er sich zwar vorstellen, daß der Fixsternhimmel durch die Zusammenballung

des im unendlichen Raum zerstreuten kosmischen Stoffes zu unendlich vielen, sphärischen Massen entstanden war. Jedoch auf die Frage „... was hindert die Fixsterne daran, aufeinander zu fallen?“ (Gravitationsparadoxon) sah er keine naturwissenschaftlich mögliche Antwort. ([5], S. 146)

Zweitens glaubte er nicht, daß die Mechanik das Entstehen eines Planetensystems um einen Fixstern erfassen könne. Er hatte sich mit der Descartesschen Kosmogonie auseinandergesetzt und sie als physikalisch unhaltbar befunden. Nach Descartes' Vorstellungen sollen alle Himmelskörper auf Grund wirbelförmiger Bewegungen der Weltmaterie entstanden sein. Die gemeinsame Entstehung der Planeten würde aber – hob Newton hervor – noch größere Gemeinsamkeiten in der Bewegung der Planeten und der Sonne, speziell eine gleiche Umlaufzeit erfordern. Noch ärger sah er es hinsichtlich der Bahnen der Kometen: „... ihr Lauf kann nicht durch Wirbel erklärt werden. Sie gehen nämlich mit sehr exzentrischen Bewegungen in alle Teile des Himmels, was nur geschehen kann, wenn man die Wirbel aufhebt“. (S. 127) Daher schlußfolgerte er: Die Planeten und Kometen würden zwar „nach den Gesetzen der Schwere in ihren Bahnen verharren, aber die ursprüngliche und regelmäßige Lage der letzteren konnten sie nicht durch diese Gesetze erhalten ...“ (S. 127/128)

Drittens erwies sich nun die Regelmäßigkeit und Beharrung der Planeten und Kometen in ihren Bahnen als durchaus nicht so sicher. Newton hatte Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten und des Mondes festgestellt, – Unregelmäßigkeiten, die ihre Ursachen in der gegenseitigen gravitativen Störung der Himmelskörper haben. Er sah auch hier keine Hoffnung, daß allein durch das Wirken der mechanischen Gesetze die Stabilität des Sonnensystems trotz dieser Störungen für eine längere Zeit gesichert ist. Daher war er der Meinung, daß die beobachtbare Ordnung des Himmels nicht durch das Wirken „bloßer Naturgesetze“ aus dem Chaos entstehen konnte. (S. 169) Vielmehr habe diese „bewundernswürdige Einrichtung der Sonne, der Planeten und Kometen ... nur aus dem Ratschlusse und der Herrschaft eines in alles einsehenden und allmächtigen Wesens hervorgehen können ...“ (S. 145/46)

„Gott“ wird so bei Newton zu einem eigentümlichen Ausdruck der Leistungsgrenzen der physikalischen Theorie. (vgl. [5], S. 39) Das soll nicht heißen, daß für ihn dies nur symbolisch, nicht im religiösen Sinne ernst gemeint war. Vielmehr gewinnt man den Eindruck, daß ihm als zutiefst religiösem Menschen es eine gewisse

Genugtuung bereitete, auf Grenzen der natürlichen Erklärung der Welt zu stoßen und somit Gott zu seinem Recht kommen zu lassen. (vgl. [6], S. 9)

Sowohl das Problem der Aufrechterhaltung der Stabilität des Fixsternhimmels als auch die Problematik der gegenseitigen Störungen der Planeten veranlaßten ihn, das Wirken Gottes nicht nur für das erste „Einrichten“ der Weltordnung, sondern auch sein gelegentliches Eingreifen anzunehmen. Dies brachte ihm den Hohn von Leibnitz (1646–1716) ein: „Herr Newton und seine Anhänger haben noch eine sehr spaßige Ansicht über das Werk Gottes. Nach ihnen hat es Gott nötig, seine Uhr von Zeit zu Zeit aufzuziehen. Andernfalls würde sie aufhören zu gehen. Er hat nicht genug Weitblick besessen, um ihr eine dauernde Bewegung zu verleihen. Diese Maschine Gottes ist nach ihnen sogar so unvollkommen, daß dieser gezwungen ist, sie von Zeit zu Zeit zu reinigen ... ja auszubessern“. ([7], S. 287)

Auch wenn Newton die Rolle Gottes beim Entstehen und der Aufrechterhaltung des Weltenbaus ernst nahm, so hat doch der in dieser Auffassung enthaltene Hinweis auf die Anwendungsgrenzen seiner Theorie als positive Provokation hinsichtlich der Bestrebungen zur Weiterentwicklung der theoretischen Mechanik gewirkt. In der Folgezeit bemühten sich viele Gelehrte darum, sowohl das Störungsproblem als auch das der Entstehung der Himmelskörper physikalisch zu verstehen.

Gott wird zur „überflüssigen Hypothese“

Die gestörten Himmelskörper (vgl. [8], S. 401)

Newton's Mißerfolg bei der Erklärung der Ungleichheiten in den Bewegungen der Planeten und des Mondes nährte bis Mitte des 18. Jahrhunderts die Meinung, daß das Planetensystem instabil sei. Auf der Grundlage der Newtonschen Theorie und mittels der analytischen Mechanik gelang es dann aber Mathematikern und Physikern – vor allem Euler (1707–83), Clairaut (1717–65), d'Alembert (1717–83), Lagrange (1736–1813) und Laplace (1736 bis 1827) – die langwährende Stabilität unseres Sonnensystems nachzuweisen. Es zeigte sich, daß die gegenseitigen gravitativen Störungen der Körper dieses Systems zu periodischen Schwankungen in den Mond- und Planetenbewegungen führen. Die beobachteten Ungleichheiten erwiesen sich als Abschnitte dieser Perioden, welche in ihren Amplituden bestimmte Grenzen nicht überschreiten.

Damit war eine der Schwierigkeiten Newtons ausgeräumt. Sie stellte zwar an sich kein kosmologisches Problem dar, denn bereits für Newton

war unser Sonnensystem nicht mehr – wie noch bei Copernicus und Kepler – mit dem Weltall gleichgesetzt. Dieses Problem hatte aber insoweit eine große Bedeutung für die Kosmologie, als Überlegungen über größere kosmische Systeme von Analogien zum Planetensystem ausgingen.

Kant: *Kosmologie nicht ohne Kosmogonie*

„So haben denn alle Sonnen des Firmaments Umlaufbewegungen entweder um einen allgemeinen Mittelpunkt oder um viele ... Nach dieser Vorstellung kann man das System der Fixsterne einigermaßen durch das planetische abschildern ...“ ([4], S. 57) Wir sehen an diesem Beispiel aus Kants „Allgemeiner Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755), wie die Analogie zum Sonnensystem benutzt wird, um die Stabilität von kosmischen Strukturen, deren Elemente die Fixsterne darstellen, vorstellbar zu machen. Diese Analogie gehört zu den entscheidenden methodischen Mitteln Kants in der „Naturgeschichte“.

Nach Kants kosmologischen Vorstellungen ist das Universum ein unendlich hierarchisches Gebilde. Jedes Unter system desselben wie auch das Ganze selbst wird „durch die Verbindung der Anziehung und der fliehenden Kraft“ zusammengehalten. (S. 142). Diese hierarchische Ordnung hat ein Zentrum, einen Zentralkörper. Die Dichte der kosmischen Materie nimmt mit zunehmendem Abstand vom Zentrum ab und wird mit unendlichem Abstand gleich Null. Die unterste Stufe in diesem System bilden die einzelnen Himmelskörper, die nächste Stufe solche Systeme wie Erde-Mond, die dritte ist dann von der Art unseres Planetensystems. Kant betrachtete Systeme ähnlich unserem Milchstraße als eine Ebene der kosmischen Hierarchie, dachte sich die Galaxien in Systemen nach der Analogie zum Planetensystem zusammengefaßt usw. Dieser hierarchische, dynamische „Inselkosmos“ beseitigte im Prinzip eine weitere, entscheidende kosmologische Schwierigkeit der Newtonschen Gravitationstheorie.

Lambert (1728–1777) hat eine der Kantschen Konzeption vom hierarchischen Kosmos sehr ähnliche entwickelt. (s. [9]) Kants besondere Leistung bestand jedoch in der Verbindung von Kosmologie und Kosmogonie. Er setzte direkt an der zweiten Schwierigkeit Newtons an, hob hervor, daß der grundsätzliche Gegensatz von Descartes' und Newtons Konzeption ein scheinbarer sei und daß in ihrer Synthese „das wahre System zu suchen sei“. ([4], S. 72/73) Descartes' materieerfüllter Raum war für ihn als „Urnebel“ der Ausgangspunkt für die kosmischen Evolutionsprozesse. Im Ergebnis derselben seien

dann auf Grund der Gravitationswirkung und des sich gegenseitigen Stoßens der Atome des Urstoffes Rotationsbewegungen und Zusammenballungen entstanden, die den Ausgangspunkt für die heutigen kosmischen Körper und ihre Bewegungen abgaben. Bei diesem kosmogonischen Prozeß sei der früher mit Materie erfüllte Raum „gereinigt“ worden, indem die größeren Körper die anderen an sich zogen. So wird aus dem Descartschen stofferfüllten Raum der bis auf die Himmelskörper leere Raum Newtons.

Gott ist nicht mehr nötig, um diese kosmische Ordnung einzurichten. Er hat bei Kant nur die Materie mit allen ihren selbstschöpferischen Fähigkeiten geschaffen, mischt sich danach aber nicht mehr in das kosmische Geschehen ein. Es ist ein sehr charakteristischer Zug der Kantschen Darlegungen, bei den verschiedenen Gelegenheiten sich mit Auffassungen auseinanderzusetzen, nach denen die Art der Strukturierung bestimmter kosmischer Systeme (z. B. die Abstände der Planeten von der Sonne, ihre Größen- und Dichtebeziehungen) aus Zweckmäßigkeitserwägungen eines Schöpfers und nicht durch das Wirken der Materie eigenen Naturgesetze erklärt wird. Es steckt hierin schon eine gewisse Ironie: Kant bemüht die Allmacht Gottes, um der Materie all die Eigenschaften zuzuschreiben, die ihr die Materialisten zuschreiben (z. B. S. 143ff., 183ff.), – bis auf eine Ausnahme, die ewige Existenz der Materie in der Vergangenheit: „Die Natur, die unmittelbar mit der Schöpfung grenzte, war so roh, so ungebildet als möglich. Allein auch in den wesentlichen Eigenschaften der Elemente, die das Chaos ausmachen, ist das Merkmal derjenigen Vollkommenheit zu spüren, die sie von ihrem Ursprunge her haben, indem ihr Wesen aus der ewigen Idee des göttlichen Verstandes eine Folge ist ... Die Elemente haben wesentliche Kräfte, einander in Bewegung zu setzen, und sind sich selber eine Quelle des Lebens. Die Materie ist sofort in Bestrebung, sich zu bilden ...“. (S. 74/75)

Freilich drängt sich hier die Frage auf, wieso man des göttlichen Schöpfungsaktes noch bedarf, wenn man sich die Materie mit ihren selbstschöpferischen Fähigkeiten, ihrer Möglichkeit der vielfältigsten Formenbildung (S. 183), ihrer unendlichen räumlichen und ewigen Existenz in der Zukunft, in dem ständigen Entstehen und Vergehen der „Welten“ vorstellen kann. Und diese Frage hat dann Laplace auch gestellt und mit der Charakterisierung Gottes als einer „überflüssigen Hypothese“ beantwortet.

Die Zeit seit Newton bis zur Schaffung der relativistischen Kosmologie ist gekennzeichnet

durch das Bemühen, die Mängel in der Newtonschen Theorie zu überwinden, physikalisch noch nicht Erklärtes physikalisch erklärbar zu machen und dabei die kosmologischen Schwierigkeiten der Newtonschen Gravitationstheorie zu beseitigen. Versuche, hierarchische Modelle des Kosmos zu entwerfen oder mit Abänderungen des Newtonschen Gravitationsgesetzes zu arbeiten, spielten dabei eine wesentliche Rolle. (s. [6], [8], [9], [15])

Die relativistische Kosmologie – eine Disziplin der Physik

Für Einstein besteht das kosmologische Problem in der Frage nach „der Beschaffenheit des Raumes im großen und über die Art der Verteilung der Materie im großen“. ([11], S. 235) Das grundsätzlich Neue seines Herangehens müssen wir darin sehen, daß er auf der Grundlage seiner Gravitationstheorie, der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) die Materieverteilung (und andere physikalische Parameter) in unlösbarem Zusammenhang mit der Struktur der Raum-Zeit sah (s. [6], [10], [11], [12], [13], [15], [16]), daß sich somit die alte kosmologische Fragestellung auf die Frage nach der geometrischen Struktur der Raum-Zeit zurückführen ließ.

In seiner ersten kosmologischen Arbeit [10] geht Einstein davon aus, daß es analog zur Beschreibung der Bewegungen in der klassischen Mechanik zur Lösung der Gravitationsgleichungen der Angabe von Grenzbedingungen für die Gravitationspotentiale im Unendlichen bedarf. Es bereitet keine Schwierigkeiten, wenn man für die Behandlung von Bewegungen in kleineren kosmischen Systemen wie dem Sonnensystem die Gravitationspotentiale im Unendlichen als konstant ansetzt. Wie ist es aber, „wenn man größere Partien der Körperwelt ins Auge fassen will“?

Die Lösung des Gravitationsparadoxons in der Newtonschen Theorie, die auf einer im Unendlichen verschwindenden Materiedichte beruht (Kants „Inselkosmos“), ist für Einstein nicht akzeptabel. Denn nach diesem Modell könnte ein mit endlicher kinetischer Energie „begabter Körper“ ins Unendliche entweichen; der Kosmos würde „veröden“. Einstein kam zu dem Schluß, daß ein Newtonsches Sternsystem überhaupt nicht existieren könne. Es sei denn, man modifiziere die Gravitationstheorie, indem man in die Poissonsche Gleichung des Gravitationspotentials ein zusätzliches, „kosmologisches“ Glied aufnehme. Dann wäre bei konstanter mittlerer Dichte sowie bei bis ins Unendliche konstantem Gravitationspotential die Materie im Gleichgewicht, „ohne daß für dies Gleich-

gewicht innere Kräfte der Materie ... nötig wären". (S. 144) „Eine so beschaffene Welt hätte bezüglich des Gravitationsfeldes keinen Mittelpunkt.“

Entsprechende Überlegungen stellt Einstein nun in der ART an. Sein Ausgangspunkt für die Überlegungen zu den Grenzbedingungen für die Gravitationspotentiale beruht auf dem Gedanken, daß in „einer konsequenten Relativitätstheorie es keine Trägheit gegenüber dem ‚Raume‘ geben, sondern nur eine Trägheit der Massen gegeneinander geben“ kann. Das bedeutet, daß eine Masse, die „genügend“ von allen anderen Massen entfernt ist, keine Trägheit haben dürfe. Die mathematische Formulierung dieser Bedingung erbrachte ein Ausarten der Gravitationspotentiale im Unendlichen, gemäß dem die potentielle Energie im Unendlichen selbst unendlich wird. Damit ist man der Gefahr der Verödung des Kosmos wie auch dem Gravitationsparadoxon entgangen. Eine Testung dieses Ergebnisses zeigte jedoch, daß „für das Fixsternsystem derartige Grenzbedingungen durchaus nicht in Betracht kommen können“. (S. 146) Die damals für eine Tatsache gehaltenen kleinen Sterngeschwindigkeiten ließen sich mit den Grenzbedingungen für die Gravitationspotentiale nicht in Übereinstimmung bringen.

Der gescheiterte Versuch bei der Formulierung der Grenzbedingungen im Unendlichen für die Gravitationspotentiale führte nun Einstein dazu, es mit einem räumlich endlichen Weltmodell zu versuchen. Bei diesem entfallen die Grenzbedingungen für das Unendliche. So kam es zu Einsteins erstem kosmologischen Modell, der endlichen, aber unbegrenzten „Zylinderwelt“. Den Gravitationskollaps in diesem Modell verhindert wiederum ein in die Gravitationsgleichungen eingefügtes „kosmologisches Glied“, das eine universelle Abstoßungskraft repräsentiert. Bald zeigte es sich, daß Einsteins Zylinderwelt nicht stabil ist. Die Friedman-Kosmologie mit ihren nichtstationären Kosmosmodellen löste den Einsteinschen statischen Kosmos ab. In ihrer Variante mit „heißen Urknall“ (Gamow) liefert sie die heutigen Standardmodelle des Kosmos. (s. [14])

Die Kosmologie ist zu einem Teilgebiet der Physik mit wachsender empirischer Grundlage geworden. Naturphilosophische Spekulation oder die „Hypothese Gott“ als Mittel zur Überbrückung ungelöster Grundprobleme haben in ihr nichts mehr zu suchen. Und ihre volle Emanzipation zu einer naturwissenschaftlichen Disziplin ermöglicht es erst, ihre echten philosophischen Probleme zu stellen und zu erörtern.

Literatur: [1] L. Infeld: *Wen die Götter lieben*; Berlin 1957. – [2] Marx/Engels: *Werke*, Bd. 20. – [3] J. Hamel: *Die größte Herausforderung des Denkens: Astronomie und Raumfahrt* 18 (1980), Heft 5. – [4] I. Kant: *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*; Reclam Leipzig. – [5] H.-H. v. Borzeszkowski/R. Wahsner: *Newton und Voltaire*, Berlin 1980. – [6] H.-J. Treder: *Elementare Kosmologie*; Berlin 1975. – [7] R. Wahsner: *Mensch und Kosmos*; Berlin 1978. – [8] Cambridge-Enzyklopädie der Astronomie; Leipzig/Jena/Berlin 1978. – [9] G. Jackisch: *J. H. Lamberts Cosmologische Briefe*; Berlin 1979. – [10] A. Einstein: *Kosmologische Betrachtungen der allgemeinen Relativitätstheorie*; Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, 1917, Halband 1. – [11] ders.: *Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie*; Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Physikal.-math. Klasse, 1931. – [12] ders.: *Grundzüge der Relativitätstheorie*; Berlin/Oxford/Braunschweig 1970. – [13] ders.: *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*; Berlin/Oxford/Braunschweig 1970. – [14] F. Gehlhar: *Historizität des Kosmos und Universalität der Naturgesetze (I)*; *Astronomie und Raumfahrt* 18 (1980), Heft 4. – [15] H. Melcher: *Historische Skizze der Kosmologie und Gravitationsphysik*; Urania-Präsidium, Sektion Physik, 1980. – [16] M. Koch: *Die Problemstellung der Kosmologie*; *Astronomie und Raumfahrt* 17 (1979), Heft 4.

Anmerkung zum vorstehenden Beitrag

Es ist sicher nicht ohne Interesse, daß nicht nur Leibniz Newton wegen der Einfügung der „Hypothese Gott“ in kosmologische Probleme tadelte. Das geschah etwas später auch durch I. Kant, den Newton-Schüler, den ersten, der dessen physikalische Prinzipien scharfsinnig und weitblickend für eine Kosmogonie fruchtbar zu machen verstand. In seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (1755) bezeichnete Kant es mit Hinweis auf Newton als „für einen Philosophen eine betrübliche Entschließung ... die Bemühung der Untersuchung aufzugeben und sich mit der Anführung des unmittelbaren Willens Gottes zu begnügen“ ([1], S. 136). Durch die Argumentation mit dem Eingreifen Gottes in das Gefüge des Planetensystems hatte sich Newton den Weg zu einer wissenschaftlichen Kosmogonie verbaut. Dennoch waren auch Newton kosmogonische Überlegungen nicht fremd, die er in einem Gespräch mit Conduitt 1724/25 so äußerte: „Daß es seine Mutmaßung wäre (er wollte nichts behaupten), daß es eine Art Revolution unter den Himmelskörpern gebe, daß die von der Sonne ausgehenden Dünste und Licht, welche, wie das Wasser, ihren Niederschlag haben, und andere Materien sich nach und nach in einen Körper gesammelt, von den Planeten mehr Materie angezogen und endlich einen untergeordneten Planeten gebildet hätten (nämlich einen von denen, die um einen andern Planeten laufen) und daß sie dann durch Anhäufung und Anziehung von mehr Materie zu einem Hauptplaneten würden, und dann durch noch mehr Wachsen ein Comet entstünde, welcher nach manchen Umläufen, dadurch daß er näher und näher zu der Sonne kommt, alle seine flüchtigen Teile verdichtet und eine Materie würde, die fähig ist, die Sonne (welche durch die beständig von ihr ausgehende Wärme und Licht Verlust erleidet) zu ergänzen und zu erfüllen, wie ein Reisbündel mit diesem Feuer tun würde (wir saßen gerade bei einem Holzfeuer), und daß dieses wahrscheinlich früher oder später ein Effekt des Cometen von 1680 sein würde. ... Ich fragte ihn, warum er nicht seine Mutmaßungen, als Mutmaßungen, bekannt machen wollte. ... Seine Antwort war: Ich setze keinen Wert auf Mutmaßungen.“ ([2]; S. 305.) Die Verlockung, eine physikalische Theorie der Entstehung des Planetensystems wenigstens hypothetisch zu entwerfen, war für Newton offensichtlich sehr groß [3]. Übrigens gab es auch schon im (zu Unrecht vergleichsmaßigen) scholastischen Mittelalter einige bemerkenswerte

Versuche, die Kosmogonie des Planetensystems über den von der Bibel gesetzten Rahmen des göttlichen Schöpfungsaktes hinausgehend als physikalischen Prozeß zu verstehen. Solche Gedanken finden sich u. a. bei den Lehrern der im 12. Jahrhundert in Blöte stehenden Kathedralschule von Chartres (vgl. z. B. [4]; S. 118 ff.).

Literatur: [1] Kant, I.: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, Leipzig (Reclam) o. J. – [2] Brew-

ster, D.: Sir Isaac Newton's Leben nebst Darstellung seiner Entdeckungen, Leipzig 1833. – [3] Hamel, J.: Zur Entstehungs- und Wirkungsgeschichte der Kantschen Kosmogonie. Mitteilungen der Archenhold-Sternwarte Nr. 130 (1979). – [4] Dijksterhuis, E. J.: Die Mechanisierung des Weltbildes, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956.

J. HAMEL

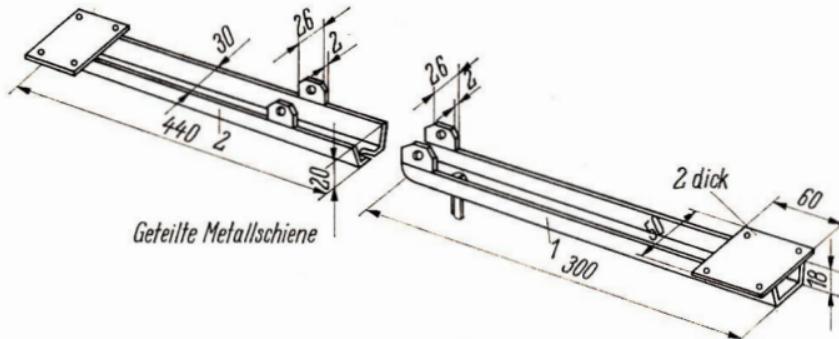


Abb. 1

Selbstbau eines zusammenklappbaren Fernrohrs

HELMUT WEISS

Als Amateur bin ich auf dem optischen Sektor nicht schlecht ausgerüstet. Doch hatte ich den Wunsch, mir noch einmal ein ganz billiges und einfaches Fernrohr für eine Fenstersternwarte zu bauen. Außerdem sollte es sehr leicht sein und möglichst wenig Platz einnehmen, um es auch einfach transportieren zu können. Da ich glaube, daß mein neues Fernrohr einem normalen Fernrohr mit einer festen Rohrmontierung nicht nachsteht, aber sehr große Vorteile für einen Amateur mit beschränkten Raumverhältnissen hat, möchte ich mein Projekt vorstellen.

Erprobt habe ich meine Idee mit einem Objektiv 63/840 mm.

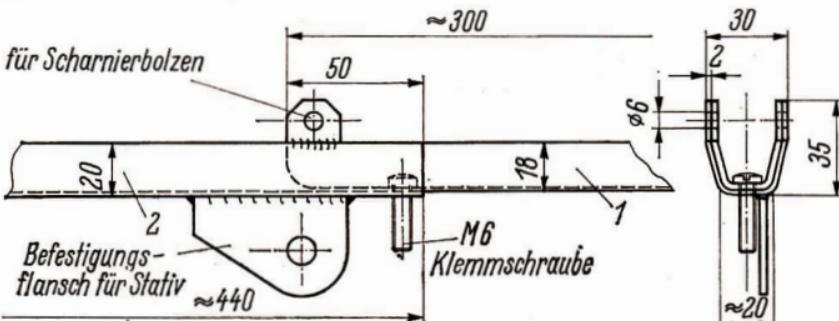
Zusammengeklappt hat das Fernrohr in einem normalen Plastbeutel Platz und kann so gleich transportiert werden. Der Transport ist deshalb so unproblematisch, da das Fernrohr einschließlich Tischstativ 3 kg wiegt.

Das Hauptteil des Fernrohrs ist eine aus zwei Teilen bestehende Metallschiene, die dann aufgeklappt Objektiv und Okular starr miteinander verbindet. Diese Metallschiene ist in einer Perspektiv-Zeichnung (Abb. 1) dargestellt.

Aus der Abb. 2 ist zu erkennen, daß beide Schienen eine Trapezform besitzen, die gut ineinanderpassen müssen. Beide Metallschienen werden mit einer M6-Schraube als Scharnierbolzen verbunden. Durch das Ineinanderpassen beider Schienen ist nur eine Klemmschraube, ebenfalls M6, erforderlich. Zur Vereinfachung dieser Klemmung nimmt man eine Flügelmutter, um eine feste Verbindung zu erreichen. Die Blechstärke meiner Metallschienen beträgt 1,5 mm. Sollte man keine andere Möglichkeit haben, muß man sich mit einem Abkantmaschinebiegen zu können.

Für den Scharnierbolzen läßt man am besten an jeder Schiene (s. Abb. 2) je zwei Bleche 2 mm dick anschweißen, um genügend Platz für den Scharnierbolzen zu haben. Aus Abb. 1 und 2 ist zu erkennen, daß die kurze Schiene (Teil 1; 300 mm Länge) in die größere (Teil 2) passen muß.

Abb. 2



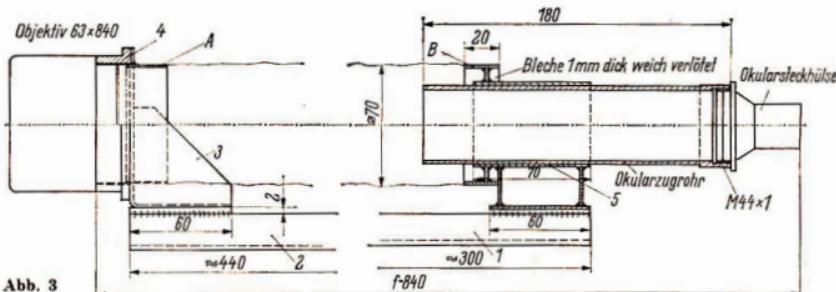


Abb. 3

Nachdem dieses Problem gelöst ist, wird das Scharnier angefertigt. Danach kommen an beiden Enden der geteilten Metallschienen je ein Montageblech, welches angeschweißt wird. Das Montageblech ist 2 mm dick. Diese Montagebleche werden zur Befestigung des Haltewinkels (Teil 3) für das Objektiv, sowie für die Lagerung (Teil 5) des Okularauszugrohres benötigt. Abb. 4 zeigt, wie ich den Haltewinkel für das Objektiv angefertigt habe. Am Haltewinkel (Teil 3) habe ich einen Aluminium-Gewinderling (Teil 4) angeschrägt, da ich ein gefasstes Objektiv mit Gewindeanschluß benutzte.

Zur Lagerung des Okularauszugrohres (Teil 5) nahm ich auch nur 1 mm dicken Blech, weich zusammengelötet, um eben sehr leicht zu bauen.

Das Einfachste ist der Rohrtubus. Er besteht aus schwarzem Fahnenstoff, der entsprechend genäht werden muß. Dieser Stofftubus muß dann auf die Befestigungsringe A und B gut aufgepaßt werden, damit er im aufgeklappten Zustand die Rohrform annimmt. Auf die Befestigungsringe A und B kommen noch einfache Blechschenkel (Teil 6) zur Klemmung, damit beim Aufklappen des Fernrohrs die Stoffhülle genügend festen Sitz hat.

Die Befestigung vom Objektiv und die Auslegung der Lagerung des Okularauszugrohres kann man nach seinen Möglichkeiten ausführen und verschieden gestalten. Man muß nur davon ausgehen, daß Objektiv und Okular auf einer Höhe liegen (optische Achse). Ich benutzte vorwie-

gend Bleche, die ich weich verlötzte. An Hand der Zeichnungen und der Bilder dürfte das Prinzip klar zu erkennen sein.

Die Justierung von Objektiv und Okular nimmt man nach den bekannten Verfahren vor.

Abb. 3 zeigt im Überblick die Baumaße meines Fernrohrs mit dem oben genannten Objektiv 63/840 mm. Bei anderen Objektivgrößen sind die Längen der Metallschienen entsprechend zu variieren, um günstige Verhältnisse beim Zusammenklappen des Fernrohrs zu haben.

Zu den sonst üblichen Rohrblenden ist noch zu sagen, daß diese alle entfallen, da der Fahnenstoff überhaupt keine Reflexionen im Rohrtubus erzeugt.

Ich hoffe, daß manch interessierter Leser auf Grund der einfachen Art eine Anregung bekommt, um sich doch noch ein kleines astronomisches Fernrohr für eine Fenstersternwarte zu bauen.

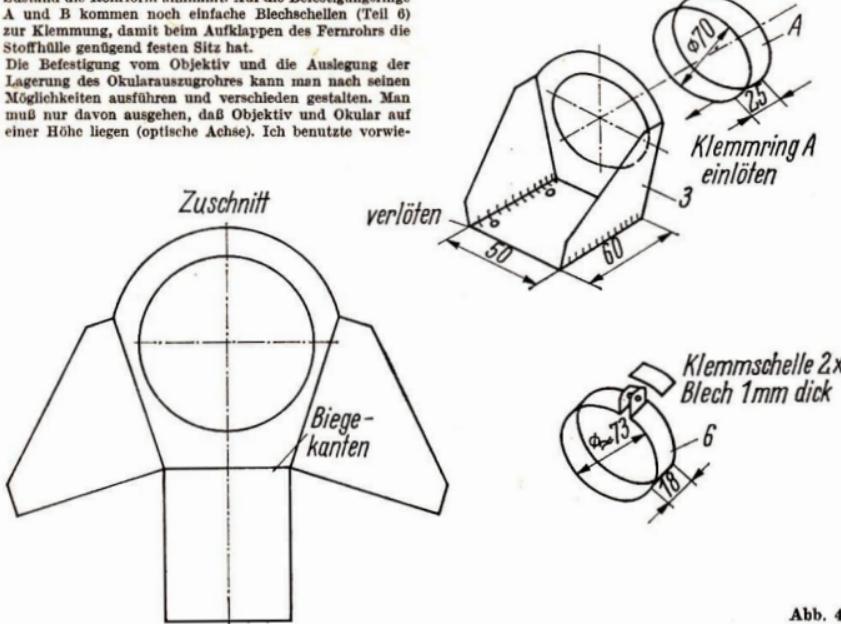


Abb. 4

Definitive Sonnenflecken-Relativzahlen 1980

Tag	JAN.	FEB.	MÄRZ	APRIL	MÄI	JUNI	JULI	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DEZ.
1	153	195	181	168	121	152	101	78	208	151	188	171
2	158	178	168	145	149	124	108	63	228	135	218	176
3	148	185	151	133	140	128	97	65	232	139	204	152
4	160	182	136	123	166	141	85	65	233	121	217	146
5	184	178	130	154	192	150	96	53	188	96	201	131
6	207	209	132	179	145	131	98	72	179	116	196	126
7	212	220	120	194	147	149	97	64	136	135	175	108
8	221	203	101	199	157	150	87	90	140	173	201	124
9	249	172	103	229	168	164	84	125	108	186	158	117
10	219	140	69	214	144	177	86	130	119	235	158	145
11	245	148	67	245	142	172	87	181	125	260	144	148
12	210	128	70	251	143	166	98	174	128	256	120	178
13	181	131	71	252	150	161	105	172	133	213	103	185
14	178	140	68	203	166	136	128	193	100	232	108	213
15	146	159	52	182	148	129	161	192	83	224	105	217
16	166	163	36	154	148	134	198	196	98	202	112	237
17	145	132	67	126	173	129	211	190	93	158	109	198
18	130	122	63	127	215	146	241	195	114	142	113	183
19	118	129	119	134	218	166	220	185	137	137	125	166
20	115	125	108	164	230	179	227	179	150	167	112	171
21	121	114	105	143	233	191	229	152	134	155	107	170
22	123	99	130	122	244	196	201	139	147	164	119	178
23	124	100	149	95	246	190	184	154	158	140	112	177
24	120	116	175	112	256	193	155	122	178	127	128	191
25	107	121	176	133	229	179	151	109	168	118	127	200
26	127	152	191	159	220	166	138	101	209	119	140	208
27	120	175	205	150	223	185	117	98	231	134	168	206
28	130	197	221	149	190	188	127	124	181	136	167	206
29	122	181	191	145	185	149	118	158	166	173	148	208
30	145		182	138	150	97	108	184	149	184	153	187
31	164		174		138		81	194		178		182
	159.6	155.0	126.2	164.1	179.9	157.3	136.3	135.4	155.0	164.7	147.9	174.4

Jahresmittel: 154.6

A. ZELENKA

Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen Januar/Februar 1981

Tag	Jan.	Feb.	Tag	Jan.	Feb.
1	147	148	16	81	129
2	141	132	17	72	120
3	122	154	18	79	131
4	113	126	19	78	138
5	94	133	20	88	133
6	71	172	21	105	142
7	89	158	22	99	136
8	115	129	23	115	98
9	126	124	24	120	124
10	120	157	25	115	137
11	123	178	26	120	169
12	126	185	27	115	175
13	123	153	28	142	170
14	106	142	29	105	
15	106	124	30	174	
			31	159	

Monatsmittel: 114,4 143,5

BEOBSACHTUNGSHINWEISE



Die Eros-Opposition 1981

Ein Beobachtungsauftrag

DIETMAR BÖHME, MICHAEL GRESSMANN

Zwischen Oktober 1981 und April 1982 wird der Planetoid Eros (433) eine seiner günstigen Sichtbarkeitsperioden durchlaufen und visuell die 10. Größenklasse erreichen. Diese relativ große Helligkeit und die außerordentlich guten Beobachtungsbedingungen veranlassen uns, alle Amateurastronomen zur intensiven Beobachtung von Eros aufzurufen. Mit diesem Projekt soll ein Vorhaben unterbreitet werden, an dem sich Sternfreunde aller Arbeitsgruppen bei Beobachtung und Auswertung beteiligen können.

A. KOECKELENBERGH

Tabelle 1: Eros - Ephemeride [1]

	1981/82 RA (1950.0)	Dekl. V
Sept.	28 02°51'29"	+ 43°31'5 12°0
Okt.	03 02°53'07"	45°24'3 11°8
	08 02°53'49"	47°14'6 11°7
	13 02°52'38"	49°00'6 11°5
	18 02°49'54"	50°39'8 11°3
	23 02°44'82"	52°00'7 10°9
	28 02°39'19"	53°24'4 10°7
Nov.	02 02°29'87"	54°21'8 10°7
	07 02°20'30"	54°57'6 10°7
	12 02°10'15"	55°09'1 10°6
	17 02°00'20"	54°54'8 10°5
	22 01°51'30"	54°14'6 10°4
	24 01°48'23"	53°51'6 10°4
	26 01°45'49"	53°24'9 10°4
	28 01°43'15"	52°54'7 10°4
	30 01°41'21"	52°21'8 10°3
Dez.	02 01°39'71"	51°45'0 10°3
	04 01°38'66"	51°05'9 10°3
	06 01°35'07"	50°24'5 10°3
	08 01°37'94"	49°40'7 10°3
	10 01°38'26"	48°55'5 10°3
	12 01°39'02"	48°08'4 10°3
	14 01°40'22"	47°19'9 10°3
	16 01°41'84"	46°30'1 10°3
	18 01°43'88"	45°36'1 10°3
	20 01°46'83"	44°47'3 10°3
	22 01°49'13"	43°54'6 10°3
	24 01°52'32"	43°01'8 10°3
	26 01°55'87"	42°07'6 10°3
	28 01°59'76"	41°13'4 10°3
	30 02°03'98"	40°19'1 10°3
Jan.	01 02°08'49"	39°24'5 10°4
	03 02°13'29"	38°29'9 10°4
	05 02°18'86"	37°35'2 10°4
	07 02°23'68"	36°40'6 10°4
	09 02°29'22"	35°46'1 10°4
	11 02°34'97"	34°51'6 10°4
	16 02°50'19"	32°35'8 10°5
	21 03°06'40"	30°21'1 10°5
	26 03°23'41"	28°08'0 10°6
	31 03°41'94"	25°57'3 10°7
Feb.	03 03°59'12"	23°49'3 10°7
	10 04°17'44"	21°44'4 10°8
	15 04°35'87"	19°43'2 10°9
	20 04°54'32"	17°46'0 11°0
	25 05°12'73"	15°58'8 11°1
März	02 05°31'04"	14°55'1 11°1
	07 05°49'18"	12°22'5 11°2
	12 06°07'10"	10°44'4 11°3

1981/82	A	R	α
Jul.	15	1.327	1.654
Aug.	04	1.112	1.606
	24	0.909	1.552
Sept.	13	0.727	1.493
Okt.	03	0.574	1.420
	23	0.454	1.364
Nov.	12	0.373	1.301
Dez.	02	0.328	1.241
	22	0.310	1.191
Jan.	11	0.312	1.154
	31	0.332	1.135
Feb.	15	0.361	1.134
März	07	0.418	1.150

J: Entfernung Planetoid - Erde

R: Entfernung Planetoid - Sonne

α: Phasenwinkel

Es bieten sich zwei interessante Schwerpunkttaufgaben an:
 1. Beobachtung des Rotations- und Phasenlichtwechsels;
 2. Ortsbestimmungen und eventuell der Versuch der Ableitung der Parallaxe.

Neben den instrumentellen Voraussetzungen für den visuellen und fotografischen Beobachter, erfordern beide Aufgabenstellungen eine gewissenhafte Arbeit und ein möglichst umfangreiches Beobachtungsmaterial.

Die Sichtbarkeitsbedingungen 1981/82

In Tabelle 1 veröffentlichte Ephemeride zeigt die günstigen Bedingungen. Zur visuellen Auffindung oder späteren fotografischen Identifizierung empfiehlt es sich, die Bahn in einen weitreichenden Sternatlas, am günstigsten in den Falkauer Atlas von Vehrenberg einzutragen. Ist an dem vorausberechneten Ort oder in dessen Nähe ein „neuer Stern“ sichtbar, sollte er auf Ortsveränderung überprüft werden; diese könnte dann als Beweis für die Identität gelten. Eventuell ist es möglich, über D. Böhme im III. Quartal 1981 Karten zur Auffindung zu beziehen.

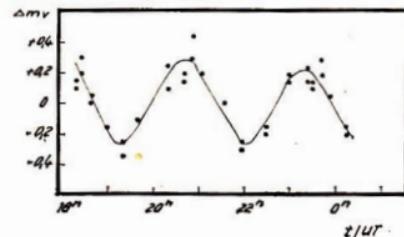
Tabelle 2: Sichtbarkeitsparameter (für + 50° geogr. Br.)

1981/82	A	K	U	h
Juli 15	22°2	6°2	13°2	57°
Aug. 01	21°3	5°4	13°5	64°
Sept. 03	18°1	4°0	13°9	74°
Okt. 03	—	2°1	—	85°
Nov. 02	—	23°8	—	86°
Dez. 02	—	20°9	—	88°
Jan. 01	8°2	19°5	6°8	79°
Feb. 05	11°1	19°2	3°3	64°
März 03	11°4	18°7	2°0	55°
A = Aufgang K = Kulmination U = Untergang h = Kulminationshöhe				{ (MEZ)

Etwas Unsicherheit besteht hinsichtlich der zu erwartenden Helligkeit. Die Ephemeridenhelligkeit ist im Jahrbuch der kleinen Planeten [1] für den Spektralbereich Blau (B) gegeben und wurde mit dem Farbenindex V umgerechnet. Die während der letzten Sichtbarkeitsperiode (1974/75) gewonnenen Beobachtungen zeigten, daß der Planetoid bis 0°7 heller als der Ephemeridenwert war. Je nach Größe des Rotationslichtwechsels ist das mehr oder weniger deutliche Überschreiten der Ephemeridenhelligkeit möglich. Dieser Rotationslichtwechsel zeigt von Sichtbarkeit zu Sichtbarkeit und auch während einer einzelnen Sichtbarkeitsperiode starke Variationen.

Die Ursache dieser Schwankungen des Rotationslichtwechsels sind in der Lage der Rotationsachse des Planetoiden zu sehen. Dabei ist die Größe der Amplitude eine direkte Funktion der planetozentrischen Deklination der Erde (B_{SE}). Beträgt $B_{SE} = 0^{\circ}$ blicken wir auf den

Abb. 3: Visuelle Lichtkurve des Rotationslichtwechsels, beobachtet am 23. 12. 74 [3].



Planetoidenäquator und registrieren die maximale Amplitude, bei $Bsz = 90^\circ$ liegt Pollicht vor und es ist kein Rotationslichtwechsel festzustellen.

Als Durchstoßpunkt der Rotationsachse im geozentrischen Äquatorsystem gab L. Dunlop [2] die Werte RA: $00^\circ 3'$; Dekl.: $+19^\circ 4'$ (1950.0). Eine vollständige Rotationsperiode umfaßt zwei Maxima und zwei Minima im Lichtwechsel. Die Form der Maxima und Minima ist sehr ähnlich (Abb. 3), so daß durch die visuelle Beobachtung nur selten eine sichere Unterscheidung möglich ist.

Der Beobachter sollte sich bemühen, seine Reihen in einer Nacht lang zu gestalten und dafür lieber an weniger Tagen zu beobachten. Der Erfassung vollständiger Rotationszyklen kommt besonderes Gewicht zu. Beim Anschluß der Helligkeit sollten so wenig als möglich Vergleichsterne verwandt werden und diese sind in der Karte eindeutig zu bezeichnen, um eine spätere Reduktion zu ermöglichen. Da nur in den seltensten Fällen die Helligkeiten der Vergleichsterne bekannt sind, genügt ein Anschluß durch Stufenschätzungen. Es ist analog der Beobachtung kurzperiodischer Veränderlicher zu verfahren.

Tabelle 3: Beobachtete Maximalamplituden einzelner Sichtbarkeitsperioden

Jahr	Amplitude (vis.)
1900/01	1°5
1903	0°8
1917	0°4
1930/31	1°5
1955	0°4
1974/75	1°4

Reduktion der Helligkeitsbeobachtungen

Jeder Beobachter ist in der Lage, die gewonnenen Beobachtungen des Rotationslichtwechsels zeitlich zu reduzieren und die siderische Rotationszeit abzuleiten. Das Verfahren wurde bereits beschrieben [3], soll aber nochmals in modifizierter Form in Verbindung gerechneter Reduktionsfaktoren erläutert werden.

Ableitung der siderischen Rotationszeit

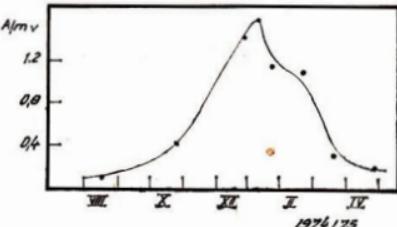
Um beobachtete Maxima bzw. Minima des Rotationslichtwechsels zeitlich miteinander vergleichen zu können, sind an den beobachteten Zeiten Korrekturen anzu bringen. Die erste Korrektur berücksichtigt die im Beobachtungszeitraum wechselnde Entfernung Erde - Eros und wird als Lichteitzeitkorrektur bezeichnet. Wir reduzieren auf die Einheitsentfernung 1 AE und rechnen mit (1) die Korrekturfaktoren.

$$k_1 = -0.00577 \cdot d \quad (1)$$

d: Entfernung Erde - Eros zum Beobachtungszeitpunkt in AE

Abb. 4: Variation der Amplitude des Rotationslichtwechsels während der Sichtbarkeitsperiode 1974/75 (links).

Abb. 5: Beobachtete Intensitätsverteilung des Eros-Lichtes im visuellen Spektralbereich (rechts).



Die zweite Korrektur betrifft die durch die relative Bewegung von Eros zur Erde hervorgerufene Zusatzrotation. Um diese exakt berücksichtigen zu können, muß die Lage der Rotationsachse genau bekannt sein. Hier wurde mit der in diesem Genauigkeitsgrad zulässigen Vereinfachung gerechnet, daß der Durchstoßpunkt der Rotationsachse mit dem Pol der Ekliptik zusammenfällt. Somit ist die Rotationsverfälschung proportional der auf die Ekliptik projizierten Änderungen des Phasenwinkels. Da Eros im Beobachtungszeitraum seine heliozentrische Breite beträchtlich ändert, ist die eigentliche Winkelbewegung wesentlich größer.

$$k_2 = \frac{P \cdot \Delta x'}{360^\circ} \quad (2)$$

P: angenommene siderische Rotationszeit von 0,21960 Tagen

$\Delta x'$: Änderung des projizierten Phasenwinkels
Tabelle 4 enthält die gerechneten Korrekturgrößen k_1 und k_2 .

Tabelle 4: Berechnete Korrekturgrößen k_1 und k_2 in Tagen

1981/82	k_1	k_2	$k_{\text{ges.}}$	Epoche
Juli 15	-0.0077	-0.0553	-0.0630	0
Aug. 04	-0.0064	-0.0494	-0.0558	91,1
Sept. 03	-0.0047	-0.0395	-0.0442	227,8
Okt. 03	-0.0033	-0.0271	-0.0304	364,4
Nov. 02	-0.0024	-0.0101	-0.0125	501,1
Dez. 02	-0.0019	+0.0190	+0.0171	637,9
Jan. 01	-0.0018	+0.0375	+0.0357	774,6
Feb. 05	-0.0020	+0.0460	+0.0440	934,0
März 02	-0.0023	+0.0481	+0.0458	1047,5

Nach Anbringung der Korrekturen können die beobachteten Zeiten der Extrema beliebig miteinander verglichen werden und die Periode analog wie in der Veränderlichenbeobachtung bestimmt bzw. korrigiert werden. Unter Epoche ist die Anzahl der vergangenen Perioden, in Bezug auf den 15.07.81 0° MEZ für den jeweiligen Tag ebenfalls 0° MEZ gegeben.

Berechnung der absoluten Helligkeit

Leigen Schätzungen im Größenklassensystem vor, ist es möglich, diese auf die vergleichbare absolute Helligkeit zu reduzieren. Die beobachteten Helligkeiten werden so korrigiert, als ob sich der Planetoid zum Zeitpunkt der Beobachtung in 1 AE Erd- und Sonnenentfernung befindet und eine vollbeleuchtete Fläche (keine Phase) zeigt.

$$F(1,0) = F - 5 \log d - \beta(x) \quad (3)$$

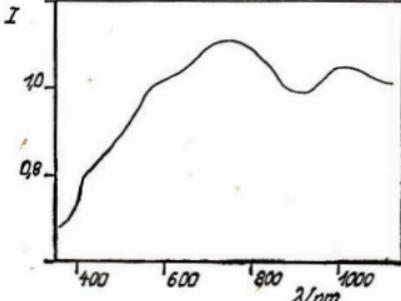
F: beob. visuelle Helligkeit

d: Distanz Sonne - Planetoid

A: Distanz Erde - Planetoid

β : Phasenkoeffizient ($0=0.24 \text{ grd}^{-1}$)

x: Phasenwinkel



Man wendet diese Berechnungen nicht auf Einzelbeobachtungen sondern nur auf komplett Lichtkurven an. Erhält man bei der Auswertung eine mehr oder weniger große Streuung der Rotationslichtkurven, so sind die Ursachen in einer Veränderung der Amplitude des Rotationslichtwechsels, der Beobachtungsgenauigkeit und einer abweichenden Phasenlichtkurve zu suchen.

Mehrfarbenfotometrie

Es ist möglich, qualitativ aussagekräftige Beobachtungen zur spektralen Intensitätsverteilung des Eros-Lichtes vorzunehmen. Durch Realisierung bestimmter Farbreihen mit entsprechenden Filterkombinationen und einer fotografischen Emulsion bzw. dem Auge als Empfänger wird der Planetoid an Umgebungssterne angeschlossen. Das Problem liegt hier darin, daß nur Vergleichssterne mit bekannten UVB-Helligkeiten bzw. mindestens mit bekanntem Spektraltyp verwendet werden dürfen. Die fotografische Methode ist der visuellen Beobachtung überlegen. Beobachtungen dieser Art können nach drei speziellen Fragestellungen geprüft werden:

1. Welche Färbung bzw. Intensitätsverteilung besitzt das Eros-Licht?
2. Existiert eine nachweisbare Farbänderung mit der Rotationsperiode?
3. Zeigt die Farbe eine Beziehung zum Phasenwinkel?

Eine Gewinnung von Spektren, auch solchen mit sehr geringen Dispersionen dürfte für den Amateur nicht möglich sein. Abb. 5 zeigt eine Darstellung der Intensitätsverteilung, wie sie in der letzten Sichtbarkeitsperiode von Fachastronomen aus den USA gewonnen wurde.

Vorbeigang an hellen Sternen

Das Auftreffen von Eros ist einfach, wenn dieser sich in unmittelbarer Nähe heller Sterne befindet. Herr J. Meeus (Beijgen) teilt einige Berechnungen mit:

Tabelle 5: Bemerkenswerte Sternpassagen

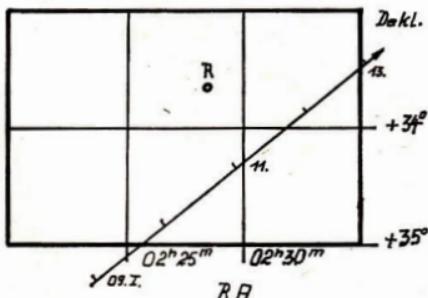
1981	t (UT)	Stern	D	ms	mp
07. 11.	15 ^a	9 Per	0°37'S	5.2.	10.7
17. 11.	13 ^b	4 Per	0°36'N	5.0	10.5
05. 12.	21 ^b	σ Per	0°24'W	4.4	10.3
11. 12.	9 ^b	51 And	0°37'0	3.8	10.3
26. 12.	1 ^b	γ And	0°55'W	2.2	10.3

D: geringste Distanz (Himmelsrichtung relativ zum Stern)

ms: visuelle Helligkeit des Sterns

mp: visuelle Helligkeit des Planetoiden

Abb. 6: Passage der Veränderlichensequenzen R Tri und U Per durch Eros



Eine günstige Möglichkeit die Helligkeit von Eros zu schätzen, bietet sich, wenn dieser Vergleichsternesequenzen veränderlicher Sterne passiert. Unsere Berechnungen brachten zwei Passagen, die in Abb. 6 skizziert sind.

11. 01. 82 R Tri 19. 11. 81 U Per

Weiterhin sei auf dem nahen Vorbeigang an markanten Himmelsobjekten hingewiesen.
09. 11. 81 h u. γ Per 1°58' S; 02. 02. 82 Plejaden 2°N

Ableitung fotografischer Positionen

Wer über die instrumentellen Möglichkeiten verfügt, sollte versuchen, Positionen abzuleiten. Eine allgemeine Darstellung findet sich in [6], eine ausführliche Ableitung des Dependenzverfahrens mit Beispielen für die numerische Rechnung ist in [7] dargestellt. Hier werden nur die Formeln gegeben, die für die praktische Rechnung am zweckmäßigsten scheinen.

Zeitnahme

Dem exakten Aufnahmepunkt kommt eine große Bedeutung zu; dies gilt besonders bei geozentrisch schnellen Objekten, zu denen Eros ja gehört. Die Sekundärgenauigkeit, eine generelle Forderung bei Positionsbeobachtungen, ist hier unbedingt anzustreben.

Wird zu Beginn der Aufnahme eine Stoppuhr ausgelöst, am Ende der Exposition dann angehalten bei gleichzeitiger sekunden genauer Normaluhrlauflesung des Aufnahmendes t_e , so folgt für den gewünschten mittleren Aufnahmepunkt

$$t = t_e - \frac{\text{Stoppzeit}}{2} \quad (4)$$

Es ist üblich, die mittlere Aufnahmemezeit in Weltzeit und in Einheiten des Tages zu geben (10^{-6}). Wer also MEZ notiert hat, muß um eine Stunde vermindern.

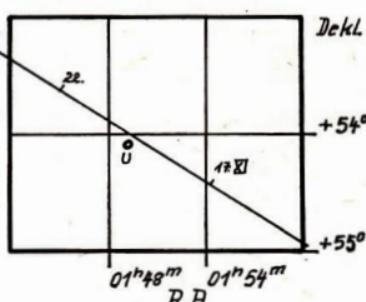
Positionsbestimmung

Zur Ableitung der Positionen wird das Dependenzverfahren aus rechteckigen Koordinaten empfohlen. Wer nur über die Möglichkeit verfügt, Strecken zu messen, sei auf [7] verwiesen.

Seien wir zunächst von der Tatsache ab, daß der Ausschnitt der Himmelsphäre, der auf die ebene Platte abgebildet wird, gekrümmmt ist, so ergibt sich die gesuchte Position α_p, δ_p des Asteroiden als gewichtetes Mittel der bekannten Positionen dreier Sterne A , B , und C (diese sollen den Kleinen Planeten möglichst gleichmäßig einschließen):

$$\begin{aligned} \alpha_p &= D_1 \alpha_A + D_2 \alpha_B + D_3 \alpha_C \\ \delta_p &= D_1 \delta_A + D_2 \delta_B + D_3 \delta_C. \end{aligned} \quad (5)$$

Die Koeffizienten bzw. Gewichte D werden als Dependenz bezeichnet. Am Meßgerät erhalten wir für die drei Sterne A , B , und C sowie den Asteroiden P die rechtwinkligen Koordinaten $x_A, y_A; \dots; x_P, y_P$.



Damit errechnen sich die Dependenzen nach

$$\begin{aligned} D_1 &= \frac{(x_b - x_p)(y_c - y_p) - (x_c - x_p)(y_b - y_p)}{(x_b - x_a)(y_c - y_a) - (x_a - x_p)(y_b - y_a)}, \\ D_2 &= \frac{(x_c - x_p)(y_a - y_p) - (x_a - x_p)(y_c - y_p)}{(x_c - x_a)(y_a - y_p) - (x_a - x_p)(y_c - y_p)}, \quad (6) \\ D_3 &= \frac{(x_a - x_p)(y_b - y_p) - (x_b - x_p)(y_a - y_p)}{(x_a - x_p)(y_b - y_p) - (x_b - x_p)(y_a - y_p)}, \\ &\quad \text{Nenner wie } D_1 \\ &= \frac{1}{1 - D_1 - D_2}, \end{aligned}$$

wobei der Nenner gleich dem doppelten Flächeninhalt des Vergleichssterndreiecks ABC ist. Der Zähler ist dann gleich dem doppelten Flächeninhalt des jeweiligen Dreiecks PBC (für D_1), APC (für D_2) und ABP (für D_3).

Mit diesen Dependenzen wird nun die Position des Asteroiden nach (5) gerechnet, nachdem die Koordinaten der Vergleichsterne, die auf das Äquinoctium 1950.0 bezogen sein sollten, für ihre Eigenbewegung auf die Beobachtungsepoch reduziert wurden. Bei Sternen aus dem SAO-Katalog wird die Eigenbewegung ab 1950.0 angetragen, beim AGK 3 ist die Ausgangsepoch der Eigenbewegung in einer gesonderten Spalte gegeben, α verwenden wir generell in Stunden, δ in Grad. Die erhaltenen Positionen α_p, δ_p müssen wegen der Vernachlässigung der sphärischen Krümmung korrigiert werden. Dazu ist die Kenntnis der Plattenmitte (genauer) erforderlich. Mit Hilfe eines Sternatlas ist sie leicht bestimbar. Ihre Koordinaten seien α_s, δ_s . Anschließend werden die Differenzen der Sterne und des Kleinen Planeten gegen dieses Zentrum gebildet, also ($n = a, b, c, p$)

$$\Delta\alpha_n = \alpha_n - \alpha_s, \quad \Delta\delta_n = \delta_n - \delta_s. \quad (7)$$

Mit

$$R_n = \Delta\alpha_n \Delta\delta_n \pi / 180 \quad (8)$$

und

$$S_n = 1/4 \Delta\alpha_n^2 15^2 \pi / 180 \sin 2\delta_n \quad (9)$$

findet man die gesuchten Verbesserungen zu

$$\Delta\alpha_p = \{- (D_1 R_a + D_2 R_b + D_3 R_c) + R_p\} \tan \delta_p \quad (10)$$

$$\Delta\delta_p = D_1 S_a + D_2 S_b + D_3 S_c - S_p \quad (11)$$

Die gesuchten topozentrischen Positionen des Asteroiden ergeben sich durch Antragen an die zuerst erhaltenen α_p, δ_p :

$$\alpha = \alpha_p + \Delta\alpha_p \text{ und } \delta = \delta_p + \Delta\delta_p. \quad (12)$$

Zusätzlich sollten neben Aufnahmezeit und Position auch Ausgangsmesswerte und Vergleichsterndaten übermittelt werden, damit eine Überprüfung möglich ist.

Abb. 7: Skizze zur Ortsbestimmung (P – Planetoid, A, B, C – Anschlußsterne)

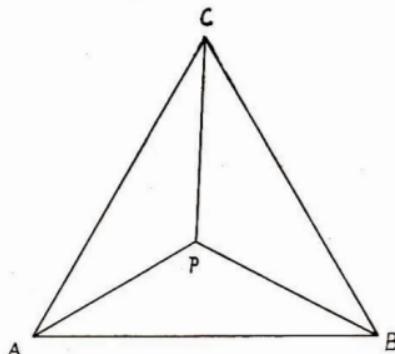


Tabelle 6: Oskulierende Bahnelemente (Epoche 1981 Juli 15.0 ET) und sonstige Daten zu Eros

Abstand des Perihels vom aufsteigenden Knoten (a): 178476

Aufsteigender Knoten (Ω): 303°501

Neigung der Bahn gegen die Ekliptik (i): 10°826

Mittlerer Abstand von der Sonne (a): 1,4551 AE

Periheldistanz (q): 1,14 AE

Apheldistanz (Q): 1,78 AE

Numerische Exzentrizität (e): 0,2227

Mittlere Oppositionsstelligkeit [$B(a, 0)$]: 11°52

Absolute Blauhelligkeit [$B(1, 0)$]: 11°88

Siderische Rotationsperiode (P): 0°219596 = 5°2703

Albedo(visuell) polarimetrisch: 0,170

radiometrisch: 0,180

Eigenfarbe ($B - V$): 0°88 ± 0°03

($U - B$): 0°50 ± 0°03

Amplitude des Rotationslichtwechsels (vis.): 0°0 – 1°5

Phasenkoeffizient (β): 0°024 grd⁻¹

Opposition: 1981 November 03

Zur Parallaxenbestimmung

Prinzipiell wäre eine Parallaxenmessung möglich, allerdings sind die Bedingungen dazu weniger günstig als etwa 1975 [3]. Die größte Erdnähe betrug damals nur 0,151 AE. Es war die günstigste Opposition dieses Jahrhunderts. Die Entscheidung, ob eine Auswertung versucht wird, wollen wir von der Verwendbarkeit der mitgeteilten Beobachtungen abhängig machen.

Zweckmäßig wäre, wenn sich Beobachter entschließen, in drei bis vier unmittelbar aufeinanderfolgenden Nächten mindestens an zwei Positionen zu gewinnen, u. zw. jeweils um die gleiche Uhrzeit sowohl einige Stunden vor als auch nach der Kulmination, also mit möglichst großem Stundenwinkel in beiden Richtungen. Unter dem Einfluß der Erdrotation kommt es zu einer parallaktischen Verschiebung, die meßbar ist.

Abschließend sei betont, daß es sich bei den vorgeschlagenen Beobachtungen an (433) Eros keinesfalls um wissenschaftlich wertvolle Resultate handelt. Eros gehört zu den besten beobachteten Asteroiden. Seit seiner Entdeckung durch Gustav Witt am 13. August 1898 stand er im Blickpunkt des Interesses. Kaum ein anderer Asteroid bietet aber dem Amateuren die Möglichkeit, so vielfältig an die Beobachtung heranzutreten, die Methoden der klassischen Astronomie kennenzulernen und nachzuvozillieren.

Beobachtungsergebnisse (Zusammenstellung der einzelnen Beobachtungen) bitten wir nach Abschluß des Programms kurzfristig der zentralen Auswertung zur Verfügung zu stellen. Beobachtungen des Lichtwechsels sind D. Böhme, Positionsbestimmungen M. Greßmann mitzuteilen.

Literatur: [1] J. W. Batrakov u. a.: Ephemeriden kleiner Planeten 1981, Leningrad (1980). – [2] L. Dunlop: Icarus 28 (1976) p. 69 – 78. – [3] D. Böhme: Die Beobachtung des Planetoiden Eros 1974/75, Astronomie und Raumfahrt (1976), S. 176 – 181. – [4] T. Gehrels: Asteroids, The University of Arizona Press, Tucson (1970). – [5] W. Herzer: Der Lichtwechsel des Kleinplaneten 433 Eros während der Opposition 1975, Sterne und Weltraum 14, (1975), S. 167 – 189. – [6] M. Greßmann: Positionsbeobachtungen an kleinen Planeten, Kalender für Sternfreunde 1979, Leipzig (1978). – [7] M. Greßmann: Zur Reduktion fotografischer Positionen von kleinen Planeten und Kometen, Die Sterne 56 (1980), (im Druck). – [8] R. Bendel u. a.: Parallaxenmessung beim Kleinplaneten (433) Eros, Sterne und Weltraum 14, (1975), S. 301 – 305.

*

Astronomie und Raumfahrt (Jahrgänge 1973 – 1980) vollständig und gut erhalten abzugeben. Preis: 0,75 M/Heft. Paul Wende, 1420 Velten bei Berlin, Mittelstraße 20

Arbeitsgruppe Kometen (II)

Kometen sind kosmische Körper, deren Bahnen in den wenigsten Fällen gut bekannt sind. Meist handelt es sich um Neuererscheinungen; aber auch periodische, die auf ihrer exzentrischen Bahn in die Nähe von großen Planeten kommen, können ihre Bahnelemente so stark verändern, daß ihre Rückkehr ohne Störungsrechnung nicht immer nach Ort und Zeit genau vorhergesagt werden kann. So spielt der Zufall bei ihrer Entdeckung oder - weniger stark - bei der Wiederauflaufung eine große Rolle, weshalb es eine beträchtliche Anzahl von Beobachtern gibt, die sich dieser Aufgabe engagiert widmen und systematisch mit einem geeigneten Fernrohr visuell den Himmel durchmustern. Ein erheblicher Teil von Kometen wurde von Amateuren entdeckt und tragen auch ihren Namen.

Man verwendet möglichst lichtstarke Instrumente, die bei geringer Vergrößerung ein großes Gesichtsfeld aufweisen. Geeignet sind lichtstarke Feldstecher, kurzbrennweite Refraktoren mittlerer Öffnung, die man daher auch als Kometensucher bezeichnet, aber auch kurzbrennweite Newton-Reflektoren sind gut geeignet. Die Austrittspupille A als Quotient aus Fernrohröffnung D mm und der Vergrößerung V soll den Wert $A = D/V = 6$ nicht übersteigen. Bei geringer Vergrößerung erzielt man zwar ein größeres Gesichtsfeld, verliert aber an effektiver Öffnung, weil das Auge das aus einer größeren Austrittspupille austretende Licht nicht mehr voll aufnehmen kann).

Da Kometen in Sonnenähnlichkeit an Helligkeit gewinnen, ist die Entdeckungswahrscheinlichkeit in der weiteren Sonnenumgebung am größten. Bevorzugt sind daher Beobachtungsorte im Gebirge, wo das Streulicht der Sonne möglichst gering ist. Dies ist unter anderem ein Grund dafür, daß z. B. auf dem Lomnický stit in der ČSSR die Entdeckungsrate so hoch ist. Zu vermerken ist, daß auch dem Fachastronomen für die visuelle Beobachtung prinzipiell keine anderen Hilfsmittel zur Verfügung stehen als dem Amateur. (Wird fortgesetzt.)

ERICH BARTL

Zum Foto auf Bildseite II (oben):

8-Kanal-Multispektralkamera zur Kometenbeobachtung der Volkssternwarte Apolda auf Zeiss-Schulfernrohrmontierung I. Objektive: Tessar 1:3,5/1 = 150 mm; die rechte Kamera mit Interferenzfiltern (das untere ist abgenommen), die linke Kamera mit Polarisationsfiltern und Positionsindex. Leitrohr 80/270 mit Feldbeleuchtung. Die Kassette wird gerade eingesetzt. (v. i. n. r.: Uwe Simros, Olaf Tittel, E. Bartl) Aufnahme: Wehsner.

Der Anreisetag brachte nach der Eröffnung durch den ZFA-Vorsitzenden Dr. Lindner und der Auszeichnung besonders aktiver Sternfreunde einen illustrativen Lichtbildervortrag von Kerstin Reichenbächer über astronomische Jugendlager in der ČSSR. Der Rest des Abends bot Gelegenheit, in gemütlicher Runde zu fachsimpeln, Bekanntschaften zu schließen bzw. zu erneuern. Doch war man gut beraten, den Abend nicht allzusehr auszudehnen, denn der Samstag stand im Zeichen der fachlichen Weiterbildung. Zuerst sprach Dipl.-Phys. H.-E. Fröhlich vom Zentralinstitut für Astrophysik über Forschungsmethoden zur Aufklärung der Struktur unserer Galaxis und deren Ergebnisse. - Viele Anregungen für eigene Experimente vermittelte der anschließende Vortrag über „neue fotografische Verfahren für den Amateur“ von Wolfgang Höglner, dem Leiter des Fotolaboratoriums in Tautenburg. Die gezielten Fragen der Diskussion lassen hoffen, daß fortgeschritten Astrofotografen bald mit spezialbehandelten Amateuraufnahmen in unserer Zeitschrift aufwarten.

Nach der Mittagspause kamen die Amateure selbst zu Wort. Erfahrungen wissenschaftlicher Tagungen folgend, war nach im Plenum gehaltenen Kurzreferaten eine Postersitzung anberaumt. 24 Aussteller dokumentierten mit ihren Exponaten einen bemerkenswerten Ideenreichtum; einige Beobachtungsergebnisse fanden bereits die Anerkennung der Fachastronomen. Diese bei einem Amateurtreffen erstmals praktizierte Form des Erfahrungsaustausches fand bei allen Anklang, bietet sie doch jedem Teilnehmer die Chance, sich in Ruhe die besonders interessierenden Exponate anzusehen und mit den Ausstellern ins Gespräch zu kommen. Am Ende der Postersitzung war sich die Tagungsleitung einig, diese anregende und effektive Organisationsform für Kurzberichte auch bei künftigen zentralen Veranstaltungen zu praktizieren.

Getrennte Zusammenkünfte der thematischen Arbeitsgruppen bildeten den Abschluß des nachmittäglichen Programms. Dabei mag mancher „Astro-Neuling“ sich zur aktiven Mitarbeit in dieser oder jener Gruppe entschlossen haben. Auf alle Fälle nutzte man die Gelegenheit, organisatorische und inhaltliche Probleme in den Arbeitsgruppen zu diskutieren. Am Abend ging es weiter mit einem Leserforum unserer Zeitschrift „A + R“. Chefredakteur Dr. Siegfried Marx war angeregt, um sich gemeinsam mit Heinrich Albert, dem verantwortlichen Redakteur, den kritischen Fragen der Leser zu stellen. Manches heiße Eisen kam zur Sprache, etwa das längst überfällige DDR-Handbuch für Amateure oder der Wunsch nach mehr schwarz-weißen und farbigen Abbildungen hoher Qualität in der Zeitschrift. Naturgemäß konnte nicht für alle Probleme eine allgemein befriedigende Lösung in Aussicht gestellt werden.

Filmbeiträge über die amüsanten Abenteuer einiger Astro-Fahrradtouristen und über den Bau einer interessanten Amateursternwarte in Mecklenburg läuteten schließlich den gemütlichen Teil des Samstagabends ein.

„Informationen aus dem Sternenlicht“ war das Thema des letzten Weiterbildungsvortrages dieser III. Jugendtagung. Bundesfondsdipl.-Astronom Erich Bartl, verantwortlich für die Spektroskopie an der Sternwarte Tautenburg, demonstrierte hier in anschaulicher Weise physikalische Hintergründe der astronomischen Beobachtung. Die Angebotsplatte des VEB Carl Zeiss Jena an Amateureratern wurde im letzten Beitrag von einem Werksvertreter (Dipl.-Astr. H. Groth) vorgestellt.

Dr. Lindner beendete die gelungene Veranstaltung, die in Inhalt und Form die Erwartungen erfüllt haben dürfte. Sie dokumentierte erneut den hohen Stellenwert, den die Jugendförderung in der Arbeit des ZFA zurecht genießt. Allen Referenten und den verantwortlichen Organisatoren sei an dieser Stelle noch einmal herzlich gedankt.

JÜRGEN SCHULZ

KURZBERICHTE

Reminiszenzen zur zentralen Jugendtagung „Astronomie“ 1980

Entsprechend der Arbeitskonzeption des ZFA stand 1980 wieder eine zentrale Tagung für junge Sternfreunde ins Haus. Sie wurde für die Zeit vom 24. - 26. Oktober nach Remscheid b. Saalfeld einberufen, wo im Betriebsferienlager des VEB Carl Zeiss Jena gute Bedingungen für eine jugendgemäße Unterkunft und Verpflegung gegeben waren. Die Teilnehmerzahl fiel mit etwa 150 hoch aus, was einige räumliche Probleme im Tagungssaal mit sich brachte, die aber dem guten Gesamteindruck keinen Abbruch taten.

Das Ende der Eidgenössischen Sternwarte

Ab 1. April 1980 hat die Eidgenössische Sternwarte an der ETH in Zürich ihre Tätigkeit eingestellt. Die Sternwarte, mitten im Hochschulgelände gelegen, von den Riesenbauten der Frauenklinik umgeben, war für die Beobachtung nicht mehr nutzbar.

Die Gebäude wurden von 1861–1864 von Semper erbaut und stehen unter Denkmalschutz. 1951 kam der Sonnensturm hinzu. 1939 entstand das astrophysikalische Observatorium in Arosa und 1957 in Locarno-Monti eine moderne Anlage zur Sonnenbeobachtung. In den Gebäuden in Zürich befand sich die zentrale Verwaltung, wo auch die Relativzahlen ermittelt wurden. Im Sonnenturm befand sich eine historische Sammlung und im Hauptgebäude eine wohlgeordnete Bibliothek, die Bücher bis hinein ins 15. Jahrhundert enthielt.

In der Sternwarte ist eine Marmorplatte angebracht, die auf den Gründer der Sternwarte hinweist: „Zum Andenken an Prof. Dr. Rudolf Wolf, dem Schöpfer, langjährigen Direktor und hochherzigen Förderer der Eidgenössischen Sternwarte“.

Wolf lebte von 1816–1893. Er übernahm die Sternwarte 1861 als Direktor und führte sie bis zum Tode. 1848 hatte er die Sonnenfleckener relativzahlen eingeführt. Ein einfaches Mittel, um die Sonnenaktivität zu überwachen. Seither ist sie bekannt unter den Zürcher Sonnenfleckener relativzahlen.

Von 1894–1926 leitete die Sternwarte Adolf Wölf. Er schaffte die instrumentellen Voraussetzungen für Protuberanzenbeobachtungen. Nachdem Willian Brunner von 1927–1944 die Leitung innehatte, übernahm der mir gut bekannte Prof. Max Waldmeier 1945 die Sternwarte. (Ich hatte das Glück mit ihm gemeinsam die Sonnenfinsternis am 22. 9. 1968 in Westsibirien zu beobachten). Prof. Max Waldmeier hat die Sonnenfleckener relativzahlen weiter herausgegeben. Durch seine hervorragende Forschungsarbeit konnte er bis 1610 die Relativzahlen zurückermitteln. Sein großartiges Werk „The Sunspot – Activity in the Years 1610–1960“ ist ein Dokument über die Sonnenaktivität der vergangenen 350 Jahre. Waldmeier hat weitere beachtenswerte Arbeiten über Aufbau und Struktur der Sonnenkorona veröffentlicht. 21 totale Finsternisse besuchte er, und alle 21 erlebte er bei klarem Wetter. Wohl ein einmaliges Glück!

International spielte die Eidgen. Sternwarte eine große Rolle bei der Herausgabe des „Quarterly Bulletin on Solar Activity“, das von 1945–1973 im Auftrage der IAU erschien. Mit Ablauf des Jahres 1979 trat Max Waldmeier als Direktor der Sternwarte in den Ruhestand. Er wird noch bis 1982 an der Universität tätig sein, die aber kein astronomisches Institut besitzt.

Die Sternwarte übernahm der schwedische Prof. Stenflo. Er schlug der Leitung der Techn. Hochschule vor, die Herausgabe der Relativzahlen einzustellen. Das geschah mit Wirkung vom 31. 12. 1980.

Was wurde aus der Sternwarte? Die Astronomie mußte ausziehen. Ihr verblieben noch 3 Räume in einer Baracke. Die Gebäude nutzt das Institut für Holztechnologie. Alle Astronomen wurden entlassen, bis auf die Sekretärin und einen Mechaniker.

Arosa wurde Ferienheim und in Locarno-Mouti beobachtet noch ein Privatmann. Die Geräte wurden verschrottet, verschenkt, verkauft. Die historische Sammlung ist in alle Winde zerstreut und die wohlgeordnete Bibliothek aufgelöst. Die Bücher sind bis auf einen kleinen Rest verschwunden.

Durch das Bemühen der IAU übernimmt die Herausgabe der Sonnenfleckener relativzahlen zunächst nur vorübergehend die Königliche Sternwarte von Belgien unter der Verantwortlichkeit von Herrn Dr. André Koeckelenbergh, 3. av. Circulaire, B 1180 Bruxelles, wofür nicht nur wir Ihnen zu danken haben.

KARL KOCKEL

Eine notwendige Anmerkung: Durch die großzügige Unterstützung, die uns Prof. Waldmeier während seiner Amtszeit erwies, waren wir seit Jahren in der Lage, unsere Amateurenbeobachter und weitere an den Relativzahlen interessierte Leser aktuell zu informieren. Dank seiner Vermittlung können wir auch künftig sowohl die vorläufigen als auch die definitiven Sonnenfleckener relativzahlen erhalten.

Die Leitung der „Arbeitsgruppe Sonne im Zentralen Fachausschuß Astronomie des Kulturbundes der DDR“ und die Redaktion von „AuR“ danken den Herren Prof. Dr. Max Waldmeier und Dr. Alois Zelenka (Schweiz) sowie Herrn Dr. André Koeckelenbergh (Belgien) auch auf diesem Wege für ihre bisherige Unterstützung bzw. für den für uns so problemlos erfolgten Übergang.

HEINZ ALBERT

Die Ringe des Planeten Uranus

Am 10. März 1977 wurde von Elliot, Dunham und Mink bei der lichtelektrischen Beobachtung der Bedeckung des Sternes SAO 158687 durch Uranus ein den Planeten umgebendes Ringsystem entdeckt. Aus den Beobachtungsresultaten konnte die Existenz von 4 dicht beieinanderliegenden Ringen nachgewiesen werden. Diese erhielten die Bezeichnung α , β , γ und δ . Sie sind im wesentlichen kreisförmig und komplana. Ein weiter außen liegender Ring (ϵ) wurde zur gleichen Zeit aufgefunden. Dieser ist der interessanteste, da er eine lineare Variation der radialen Breite und des Ringradius zeigt. Diese Tatsache führte dazu, daß es ein einfacher, geschlossener, nicht kreisförmiger Ring ist. Seine optische Tiefe, einschließlich der scharfen Kanten, änderte sich trotz der differentiellen Raumbewegung und der Präzession seit März 1977 nicht wesentlich.

Elliot et al. beobachteten 1978 4 weitere Uranusringe, die die Bezeichnung η , ν , μ , und σ erhielten. Aus den verschiedenen Beobachtungen wurde ein Uranusradius von 26200 km ermittelt. Die berechneten Ringradien betragen nach Elliot et al.

Ring	Westseite	Ostseite
6	42017 km	41943 km
5	42415 km	42304 km
4	42683 km	42643 km
α	44834 km	44867 km
β	45807 km	45780 km
η	47323 km	47322 km
ν	47747 km	47745 km
μ	48425 km	48421 km
σ	51703 km	51056 km

Untersuchungen bis zu einer Radiusgrenze von 107000 km lieferten keine neuen Uranusringe.

Literatur: The Astronomical Journal, Vol. 83 Nr. 10, S. 1240. – Vgl. AuR 2/81.

Tagung der Planetariumsleiter

Nach Schneeberg und Radebeul fanden sich vom 25. bis 27. 2. 1981 in Halle (Saale) Planetariumsleiter und -mitarbeiter der DDR zusammen, wozi sich Gäste aus gleichgelagerten Einrichtungen aus der CSSR und den VR Polen, Ungarn und Rumänien gesellten. Insgesamt 52 Teilnehmer von 39 Planetarien.

Der erste Tag fand in Halle-Kanena statt, wo mit einem ZKP 1 im Jahre 1963 die schul- und populärastronomischen Bestrebungen der Saalestadt unter der rührigen Leitung von Karl Koeckel ihren Anfang nahmen. Herr Rose (Jena) berichtete über die internationale Tagung der Planetariumsleiter in Kalkutta. Herr Lichtenfeld (Halle) führte eine Demonstrationslektion zur Thematik „Koordinaten-systeme“ durch.

Der zweite Tag fand im Raumfugplanetarium „Fliegerkosmonaut Sigmund Jähn“ statt, das sich auf der Saale-Insel Pfeßnitz innerhalb des Kulturparks befindet und - nach modernsten fachlichen und architektonischen Gesichtspunkten gebaut - einen jeden Tagungsteilnehmer begeisterte. Hier sprachen in Verbindung mit neuesten Abbildungen Herr Dr. Dorschner (Jena) über „Jupiterähnliche Planeten“ und Herr Dr. Reichstein (Halle) über „Marsähnliche Planeten“. Herr Kochel demonstrierte die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Raumfugplanetariums. Ing. Rükl (Prag) berichtete über den Selbstbau von Zusatzgeräten für Planetarien. Herr Rose (Jena) riette auf Grund umfangreicher Versuche zu neuen Wegen in der Programmgestaltung von Planetarien an, wozu außer vielseitigen musikalischen Ausgestaltungen besondere Licht- und Lasereffekte gehören. Darüber hinaus bestand reichlich Gelegenheit zu Fachgesprächen und zu persönlichen Kontakten.

Die Tagung klang in Schkeuditz aus, wo Herr Wolf das neue ZKP 2-Planetenariumsgerät vorstellte, das nicht minder Beifall bei allen Tagungsteilnehmern fand. Den verantwortlichen Veranstaltern sei für ihre Bemühungen bei der Vorbereitung und der reibungslosen Abwicklung herzlich gedankt.

RÜDIGER KOLLAR

AUS d. LITERATUR

Riesenradaranlage für Nordlichtforschung

Eine der größten Radaranlagen Europas zur Erforschung des Nordlichtes wurde von der EISCAT, der EUROPEAN INCOHERENT SCATTERING SCIENTIFIC ASSOCIATION, einer Forschungsgemeinschaft, der Finnland, Schweden, Norwegen, Frankreich, England und die BRD angehören und die ihren Sitz in Kiruna, Schweden, hat, errichtet. Die Gesamtanlage besteht aus drei vollbeweglichen, 32 m großen UHF-Antennen, die sich bei Kiruna in Schweden, Tromsö in Norwegen und Sydanskylal in Finnland befinden, und einer VHF-Anlage. Letztere besteht aus vier schneefräfigartig gekrümmten Zylindern - Parabolflächen von jeweils 45 m Höhe und 30 m Breite. Sie sind auf 17,5 m hohen Stützen montiert und nur horizontal schwenkbar. Die Strahlungsrichtung der Antenne ist genau parallel zu den magnetischen Feldlinien ausgerichtet. Diese Antenne strahlt eine Leistung von bis zu 2×3 W ab, die an der Ionosphäre reflektiert und wieder empfangen wird.

Ziel der Untersuchungen ist das Studium der in der oberen Atmosphäre ablaufenden Detalzprozesse bei der Anregung des Stickstoffs und Sauerstoffs durch solare Partikel, die Ursache des Polarlichtes sind.

Literatur: ntz, 33 (1980) 12, S. 283

Schwedens erster Erdsatellit

Schwedens erster eigener Satellit, der die Bezeichnung Viking tragen wird, soll im Mai 1984 zusammen mit einer schwereren Nutzlast von der westeuropäischen Trägerrakete ARIANE in ein Erdumlaufbahnen gebracht werden. Der 550 kg schwere, 1,9 m breite aber nur 50 cm hohe Flugkörper soll die Erde im Höhenbereich zwischen 800 km und 15000 km umkreisen und vor allem der Erforschung der Magnetosphäre und des Nordlichtes dienen.

Das VIKING-Projekt steht unter Leitung der schwedischen Raumfahrtgesellschaft, Hauptlieferant ist der schwedische Konzern SAAB - SCANIA. Mit seiner Verwirklichung soll der Grundstein für den langfristigen Aufbau einer eigenen Raumfahrtindustrie gelegt werden.

Literatur: ntz, 33 (1980) 12, S. 822

Personenruf via Satellit

Als Grundbaustein eines landesweiten Personenrufnetzwerkes via Satelliten, das in den kommenden Jahren aufzubauen geplant ist, wurde in den USA eine Personenrufanlage Chikago - New York mittels kleiner Taschenempfänger in Betrieb genommen. Das System arbeitet mit dem regionalen Nachrichtensatelliten WESTAR 1 C und wird als SAT - ALERT bezeichnet. Der gesuchte Teilnehmer wird durch Direktwahl über Kopfstationen angesprochen, die mit den beiden Erdfunkstellen in New Jersey und Wisconsin durch Richtfunk und Kabelstrecken verbunden sind.

Literatur: Funkschau, 52 (1980) 24, S. 46

Hitzestrahlung bei großen Meteoritenfällen

Beim Fall des Tunguska-Meteoriten am 30. 6. 1908 traten auch großflächige Waldbrände auf. Diese waren offenbar durch die Hitzestrahlung des Phänomens geziündet worden. Da diese in der Wirkung mit Atombomben-Explosionen vergleichbar sind, kam es prompt zu entsprechenden, haltlosen Spekulationen. Wie eine von Sedov vorgelegte Untersuchung am Mathematischen Steklow-Institut in Moskau zeigt, ist diese Erscheinung mit den Mitteln der theoretischen Gasdynamik eindeutig zu erklären.

Dringt ein größerer Meteorit mit hoher Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre ein, dann entstehen Bereiche hoher Temperatur- und Stoßwellen. So werden in Höhe von 20 km, bei einer Geschwindigkeit von 20 km pro Sekunde etwa 30000 K erreicht. Katastrophale Hitzeeinwirkungen auf der Erdoberfläche, vor allem entlang der Bahnspur, sind die unvermeidliche Folge.

Literatur: Doklady Ak. Nauk SSSR 252, 318 (1980)

Dichte des Planeten Merkur

Die Dichte des Merkurs ist nach gängigen astronomischen Lehrbüchern mit $5,44 \text{ g/cm}^3$ fast so groß wie die Dichte der viel größeren Erde ($5,52 \text{ g/cm}^3$). Dies ist schwer erklärlich, da das Innere des Merkurs infolge der viel geringeren Masse und Gravitation des Planeten nicht so stark komprimiert sein sollte, wie das von Erde und Venus. Der kleinere Mars hat tatsächlich nur eine Dichte von 3,94, der Erdmond 3,4. Für die Annahme, daß Merkur einen besonders großen Eisenkern hat, gibt es keine plausible Begründung, und R. Lyttleton (Universität Cambridge) hat daher die Vermutung geäußert, daß die bisher angenommene Dichte des Merkurs um etwa 50 Prozent zu hoch sei.

Da Merkur keine Monde hat, läßt sich seine Dichte nur durch komplizierte indirekte Methoden, wie die von ihm ausgelösten kleinen Bahnausbewegungen der Venus berechnen. Der bekannte amerikanische Astronom S. Newcomb hat dies Ende des vorigen Jahrhunderts getan und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß die Masse des Merkurs $1/600000$ der Sonnenmasse ist. Bei Überprüfung der Arbeit von Newcomb ist Lyttleton allerdings zu dem Ergebnis gekommen, daß dem Amerikaner seinerzeit ein Fehler unterlaufen ist und daß seine Berechnung tatsächlich einen Wert von $1/8405000$ Sonnenmassen ergeben müßte, was eine Dichte ergeben würde, die den Annahmen Lyttletons nahekommt. Lyttletons Annahme steht allerdings in Widerspruch mit den publizierten Ergebnissen über die Ablenkung der Raumsonde Mariner 10, die mit der bisher angenommenen Dichte des Merkurs in guter Übereinstimmung stehen.

Literatur: New Scientist 87, 285 (1980)

REZENSIONEN

PROBLEME / LÖSUNGEN

Reise zum Mittelpunkt des Mondes

Diese Broschüre, eine Übersetzung aus dem Russischen, wo sie 1977 veröffentlicht wurde, erschien als Band 46 in der „Kleinen Naturwissenschaftlichen Bibliothek“ der Teubner Verlagsgesellschaft in Leipzig. Hier werden vor allem die „geologischen“ Ergebnisse der Monderkundung durch sowjetische und amerikanische unbemannte Mondsonden und die durch das Apollo-Unternehmen gewonnenen erläutert. Der Text, der, wie in der Einleitung betont, populärwissenschaftlich gehalten sein soll, ist für einen Laien auf geologischem Gebiet wohl doch nicht ganz einfach zu verstehen. Eine Hilfe dabei kann der von Dr. L. Grässl vorgelegte Beitrag über die Seismologie und den inneren Aufbau der Erde sein, der kurz zusammengefaßt wichtige geologische Gegebenheiten und Fachtermini erläutert.

Ausführlich und exakt wird über die Struktur des Mondbodens berichtet, die Vorstellungen davon vor 1966, die Methoden der Bestimmung der physikalisch mechanischen Eigenschaften des oberen Mondbodens durch Raumflugkörperexperimente sowohl durch die automatisch auf dem Mond tätig gewesenen sowjetischen Raumflugkörper der Luna-Serie und der Lunochods als auch durch die amerikanischen Astronauten, die auf der Mondoberfläche gelandet sind.

Einen breiten Raum nimmt, bedingt durch die fachliche Bindung der Verfasser und der Thematik der Broschüre, die Seismografie des Mondes ein. Neben exakten Beschreibungen der Methodik der verschiedenen Experimente sind gezeitungsbedingte Mondbeben und tektonische Mondbeben beschrieben. Geschwindigkeiten und Dämpfung seismischer Wellen auf dem Mond werden behandelt und die daraus möglichen Schlussfolgerungen über die Struktur des Mondinneren abgeleitet.

Über lunare „Mascons“, also spezielle Massenkonzentrationen relativ dicht unter der Mondoberfläche, wird berichtet sowie über die Methoden, durch die sie entdeckt werden konnten.

Es folgt sich abschließend ein Kapitel über die Physik des Mondinneren an, in dem über die planetaren Besonderheiten des Mondes, die Mondkruste, den Mechanismus der Mondbeben und die Evolution sowie den thermischen Zustand des Mondes informiert wird. Das Buch enthält 24 Strichzeichnungen, wobei von besonderem Interesse die Abbildung 1 ist, die erstmalig exakt das Schema der Landung von Luna 9 darstellt.

KARL HEINZ NEUMANN

I. N. Galka und W. W. Schwarew: „Reise zum Mittelpunkt des Mondes“, Kleine Naturwissenschaftliche Bibliothek, Band 46 der BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1980.

Vorschau auf Heft 4/1981

- Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern (III)
- Besiedelt der Mensch das Weltall?
- Die „Arbeitsgruppe Sternbedeckungen“ stellt sich vor und gibt Anleitungen: Sternbedeckungen durch Planeten – Doppelsternbedeckungen – Genaue Zeitpunktmeßung – Langwellenzeichenempfang – Einsatz der EDV

KRT-10-Bahnspuraufnahme (vgl. Umschlag-Seite 3)

Große Perspektiven eröffnen sich in der bemannten Raumfahrt der Mitwirkung des Menschen bei Beobachtungen auf dem Gebiet der extraterrestrischen Astronomie im Radiowellen-, Röntgen- und Infrarottbereich des Spektrums, wo bereits bis heute viele neue Ergebnisse erzielt wurden.

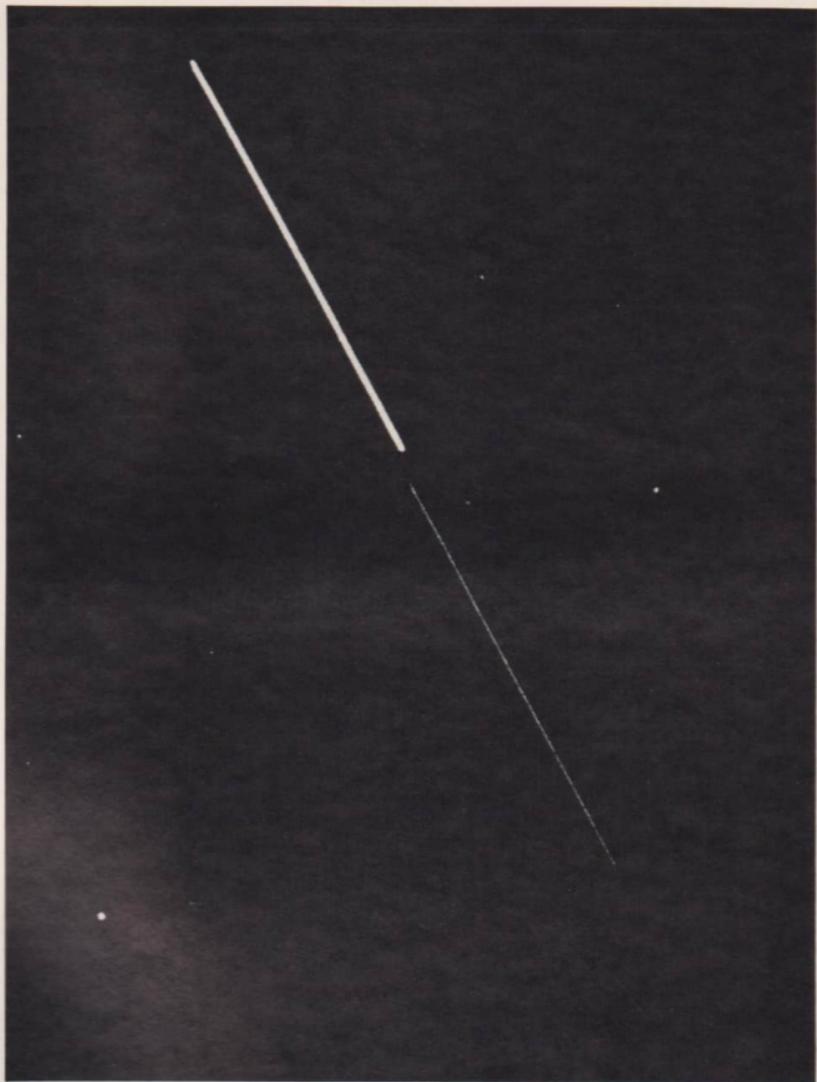
Sicher entsinnt man sich noch an den Einsatz des kosmischen Radioteleskops KRT-10 von 10 m Durchmesser, das außenbords der Orbitalstation Salut 6 errichtet worden war und mit dem die „Langzeittieflager“ Rjumin und Ljachow astrophysikalische Experimente durchführten. Da das Radioteleskop nach Abschluß der Experimente wegen seiner großen Querschnittsbelastung wieder vom Orbitalkomplex entfernt werden mußte, sich bei diesem automatischen Manöver am 9. August 1979 jedoch der Antennenspiegel in den Außenanlagen der Station verlor, mußten die Kosmonauten noch am Ende ihres 175 Tage währenden Fluges als Außenbordmonteure wirksam werden und das verfangene Radioteleskop von Hand vom Orbitalkomplex in Richtung Erde abstoßen.

Dieses Ereignis, das am 15. August 1979 nachmittags gegen 16 Uhr MEZ geschah, konnte zufällig von der Schusterwarte „Fliegerkosmonaut Sigmund Jähn“ Rodewisch, die als COSPAR-Satellitenbeobachtungsstation 1185 seit dem Start von Sputnik 1 arbeitet und bisher 9000 Vermessungen künstlicher Erdsatelliten gewinnen konnte, in einer Aufnahmeserie fotografiert werden. Diese einmaligen Fotodokumente zählen zu den besonderen Kostbarkeiten in der Geschichte einer Einrichtung, die sich durch ihre Tätigkeit eng mit der Entwicklung der Erforschung des Kosmos durch Automat und Mensch verbunden weiß. Die Aufnahme (3. Umschlagsseite) aus der Serie entstand gegen Ende des vierten selbstständigen Umlaufs von KRT-10 in etwa 65° Höhe über dem ENE-Horizont der Rodewischer Sternwarte. Die versetzte Bahnspur von KRT-10 läßt erkennen, daß das Radioteleskop auf einer etwas tieferen Bahn umläuft.

EDGAR PENZEL

Unsere Autoren

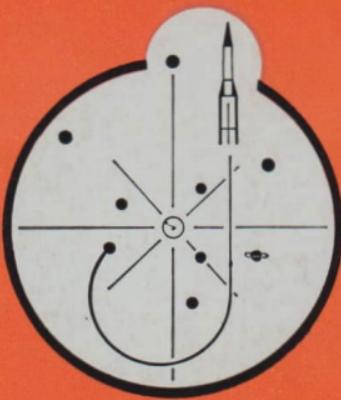
- Dipl.-Phys. M. Woche, 6901 Tautenburg, K.-Schwarzschild-Observatorium
 Dr. G. Herms, 2520 Rostock 22, Karl-Zyla-Str. 23
 Dr. Jiří Grygar, AdW der ČSSR, Observatorium Ondrejov
 Dipl.-Phys. C. P. Rensch, 8021 Dresden, Erlangenstr. 2
 Dr. Fritz Gehlhar, 1110 Berlin, Uhlandstr. 52
 Dipl.-Phil. Jürgen Hamel, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte
 Helmut Weiß, 6000 Suhl, An der Hasel 204, 55-78
 Ing. Dietmar Böhme, 4851 Nessa, PSF 122
 Michael Greßmann, 1542 Falkensee-Finkenkrug, Ringstr.
 Dr. A. Koeckbergh, 3. av. Cireulaire, B 1180 Bruxelles
 Dr. A. Zelenka, Ch 8053 Zürich, ETH-Zentrum, II A
 Dipl.-Astr. Erich Bartl, 5320 Apolda, Volkssternwarte
 Dr. Jürgen Schulz, 5211 Kirchhain, Volkssternwarte
 OL Rüdiger Kollar, 5122 Radebeul 2, Volkssternwarte
 Karl-Heinz Neumann, 1207 Zepernick, Heinestr. 90
 Prof. Edgar Penzel, 9700 Rodewisch, Schulsternwarte
 Karsten Kirsch, 6900 Jena, Dreiflersstr. 39
 Karl-Heinz Mau, 3607 Wegeleben, Moorweg 5
 Daniella Hoffmann, 5122 Radebeul 2, Volkssternwarte



Bahnspur von Salut 6/Sojus 34 und vom KRT-10 am 15. August 1979 um 21.39 MEZ. Die kräftige Spur (Salut 6/Sojus 34) hat, bei einer Belichtungszeit von 1,23 s, eine Länge von $1^{\circ} 12'$. Der hellste Stern (links unten; $m_{\text{vis}} = 4^{m}78$) ist der spektroskopische Doppelstern $\pi^1 \text{ Cyg}$. Das KRT-10 läuft dem Orbitalkomplex etwa 10 km voraus. (Vgl. dazu S. 94!) – Foto: D. Ruhnnow, Rodewisch.



Astronomie UND Raumfahrt

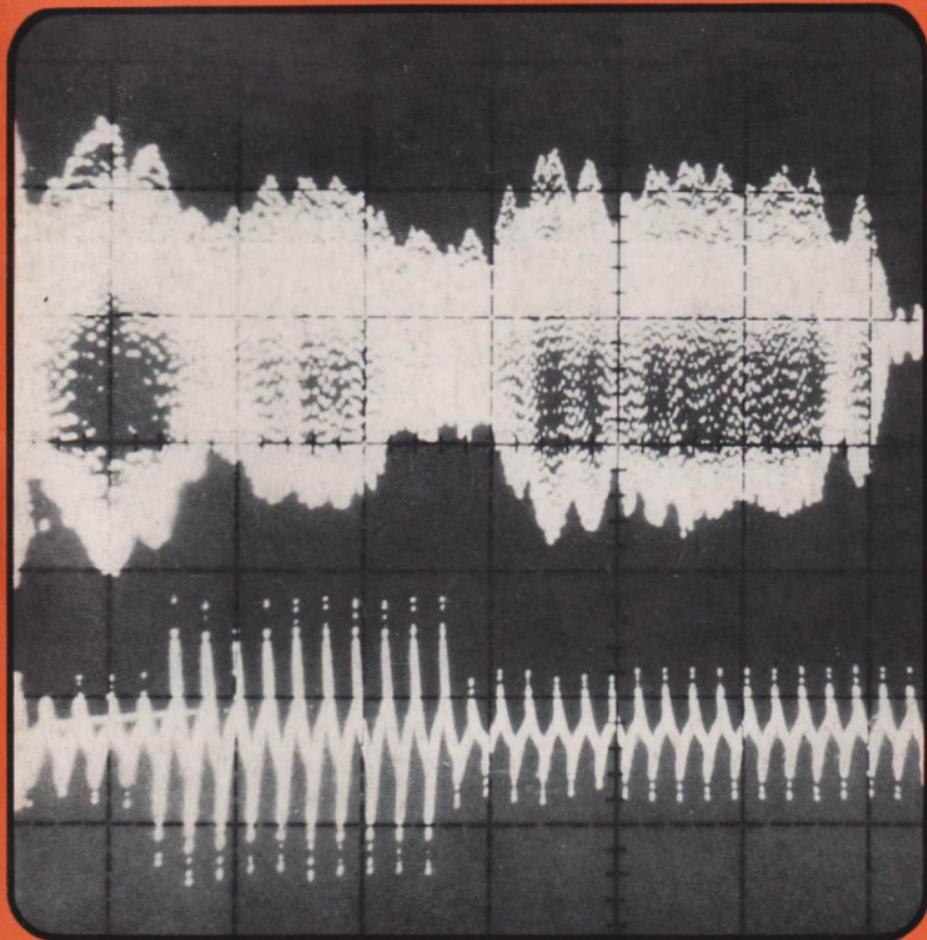


ISSN 0587-565 X

PZV 31052

EVP 1,50

1981 4



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Astronomie und Raumfahrt

Herausgeber:

Kulturbund der DDR: Zentraler Fachausschuß Astronomie

Redaktion:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur); OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen Gasiecki; Ing. Achim Grünberg; Dipl.-Phil. Jürgen Hamei; Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur Hockauf; Karl-Heinz Neumann; Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel; Dipl.-Phys. Manfred Woche; Arnold Zenkert; Bernd Zill.

Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Straße der Jugend 8, Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1981 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 Zeitungsviertelsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4. Veröffentlicht unter Lizenznummer 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 bearbeiten.

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

19. Jahrgang (1981) Heft 4

D. B. Herrmann: Besiedelt der Mensch das Weltall?	98
Manfred Woche: Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern (III, Schluß)	102
Edgar Otto: Über die Tätigkeit der Arbeitsgruppe Sternbedeckungen	106
Dietmar Büttner: Doppelstern-Bedeckungen	109
Dietmar Büttner: Sternbedeckungen durch Planeten.	110
Bohumil Maleček: Sternbedeckungen in der ČSSR.	113
Christian Gottwald: Ein Weg zur genauen Zeitpunktmeßung	115
Wolfgang Rothe: Erfahrungen mit dem Langwellenzeichenempfang	117
D. Büttner, W. Rothe: Einsatz der EDV in der Sternbedeckungsarbeit.	118

Beobachtungshinweise

D. Büttner: Bedeckung des Sterns Sagittarii durch Venus .	119
Erich Bartl: Die Beobachtung der Kometen (III)	120

Kurzberichte	120
Aus der Literatur	125
Astronomischer Büchertisch	127
Rezension · Vorschau · Unsere Autoren	128

Bildberichte:

Äquidensitendarstellung des Orionnebels	III
Meine Fotos von Jupiter und Saturn.	IV

Redaktionsschluß: 25. 5. 1981

Bildseiten:

<i>Titelbild:</i> Die Registration der Bedeckung des Stern ZC 1147 vom 19. 3. 78 an der Sternwarte Velassake Mezirici. Oben der Stern, unten die Zeitbasis 100 Hz mit Sekundenmarke. Zeit des Eintritts 00 ^h 14 ^m 24 ^s · 247 UT (ohne Korrektur des Zeitsignals).	
<i>2. Umschlag-S.:</i> Illusion oder reale Perspektive? (Zu Seite 98 oben: Das Leben auf einer künstlichen Oase im Weltraum in erdnahmlicher Umwelt (nach O'Neill).	

<i>unten:</i> Produktionsstätten auf anderen Himmelskörpern n. O'Neill	
<i>3. Umschlag-S.:</i> Sternspuren. Aufn. vom 2. 2. 1981 aus der 3 m-Kuppel der Volkssternwarte „A. Diesterweg“ Radebeul. – Bei Blende 8, Einstellung auf 5 m und beliebiger Belichtungszeit wurden zunächst verteilt drei Blitze zur Aufhellung auf den Coudé-Refraktor und die Kuppel gerichtet, dann die Blende der Weltflex bei offenem Verschluß auf 3,5 geöffnet, die Entfernung auf unendlich gedreht, und 1 Std. weiter belichtet. So entstand ein Negativ, keine Montage. Der Zufall lieferte die Meteorspur. – Foto: Heinz Böhm.	
<i>4. Umschlag-S.:</i> Ing. B. Malecek am fotoelektrischen Fotometer, das mit einem Zeiss AS-Objektiv 200/300 mm verbunden ist. Aufnahme aus der 6 m-Kuppel der Sternwarte Valassake Mezirici. Die Kuppel ist mit einer Hebebühne ausgestattet.	

Besiedelt der Mensch das Weltall?

D. B. HERRMANN

Der folgende Beitrag ist ein Vorabdruck aus dem gleichnamigen Buch des Autors, das 1981 im Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin als Band 50 der Reihe „Akzent“ erscheint. In diesem Buch untersucht der Verfasser die in der letzten Zeit immer stärker diskutierte These der Notwendigkeit der Besiedlung des Weltalls durch den Menschen. Zu diesem Zweck werden nicht nur einige bereits ausgearbeitete Projekte vorgestellt, sondern auch kritisch in Hinsicht auf ihre Realisierbarkeit und ihre sozialen Konsequenzen untersucht.

Die Propagierung der Aussiedlungs-Theorie in westlichen Zeitungen und Zeitschriften ist in der Regel von der dadurch angeblich möglichen Flucht vor den irdischen Problemen angelegt. Dem setzt D. B. Herrmann den Gedanken entgegen, daß die Besiedlung des Kosmos eine notwendige Konsequenz der Entwicklung des Menschen und seiner technischen Fähigkeiten ist. Bevor es zur Ausstellung kommen kann, so meint der Autor, müssen jedoch nicht nur neue wissenschaftlich-technische Varianten entwickelt werden, sondern vor allem grundsätzliche Fragen des Zusammenlebens der Menschen auf der Erde geklärt werden. Das Buch liefert keine fertigen Rezepte, sondern will in erster Linie zur Diskussion aufrufen. Wir danken dem Urania-Verlag für die Genehmigung des Abdrucks.

Die Redaktion

Verzicht auf technische Utopien

Es wäre ein leichtes, im Vertrauen auf noch kommende Entdeckungen und Erfindungen über das Besiedlungsprojekt zu fabulieren. So jedoch geht Gerard K. O'Neill, einer der prominentesten Vertreter der „Aussiedlungs-Theorie“ in seinem Buch „Unsere Zukunft im Raum“, nicht vor. Vielmehr basieren seine Überlegungen auf den heute bekannten Naturgesetzen und weitgehend auch auf der heute prinzipiell beherrschbaren Technologie der Raumfahrt, was natürlich nicht bedeutet, daß die Verwirklichung des Projektes von den Startrampen der heutigen Kosmodrome aus möglich wäre.

Immense Entwicklungsarbeit ist noch zu leisten bis die ersten Habitate – wie O'Neill seine kosmischen Wohnstätten nennt – am Himmel schweben. Aber – und dies bezeichnet er als entscheidend – für diese Arbeiten existieren bereits alle wesentlichen Voraussetzungen und sogar die Kostenvoranschläge demonstrieren angeblich, wie realistisch diese Vorschläge seien.

Die Kombination der heutigen Raketen-Technologie mit grundlegenden, z. T. sogar schon älteren Ideen der Physik liefert vier Hauptaspekte, nach denen das Projekt der Errichtung von Habitaten verwirklicht werden sollte:

1. Die überwiegend meisten erforderlichen Arbeitsvorgänge zum Aufbau der Habitate spielen sich im Weltraum statt auf der Oberfläche irgendeines Himmelskörpers ab.
2. Als Materialbasis für die ersten Anlagen dient nur zu einem unwesentlichen Teil unsere Erde mit ihren ohnehin verknappten Rohstoffen, sondern der Mond.
3. Es werden bereits heute bekannte und erprobte Materialien unter Verwendung von jetzt oder in naher Zukunft vorhandenen Raumfahrzeugen benutzt.
4. Die vorhandenen Anlagen werden sich selbst reproduzieren, so daß deren Anzahl bezogen auf die Zeiteinheit in geometrischer Progression wächst.

Die kleine Station in L 5¹⁾

Das gesamte Aussiedlungs-Projekt soll nach O'Neill's Plänen seinen Ausgang von einer kleinen Station nehmen, die er „Insel 1“ nennt. Diese Insel soll eine optimale Anzahl von spezialisierten Einwohnern aufweisen, da ihr eine äußerst wichtige und recht präzise formulierte Aufgabe zukommt: Sie muß eine außerirdische Industrie installieren, deren Wachstum in einem solchen Tempo erfolgt, daß kein nennenswerter Nachschub an Material von der Erde erforderlich ist. Man nimmt an, daß dazu etwa 10000 Personen nötig sein werden. Auch wenn man anfangs auf besonderen Komfort für diese „Pioniere“ verzichten wird, kann man doch davon ausgehen, daß letztlich je Person etwa 45 m² Fläche erforderlich sind. Eine mögliche Form für ein solches Habitat könnte die Kugel sein. Sie müßte dann etwa 1,6 km Durchmesser aufweisen. Bei einer Rotationsfrequenz von zwei Umdrehungen je Minute könnten in Äquatornähe irdische Schwerkraftbedingungen herrschen. Die Möglichkeit des Aufenthaltes in Zonen mit irdischen Schwerkraftbedingungen, die in den heute verwendeten Raumstationen, etwa vom Salut-Typ, zwangsläufig noch fehlt, ist wegen des Kalziumverlustes in den Knochen der Stationsbesetzung erforderlich, der bei längrem Aufenthalt in der Schwerelosigkeit eintritt. Bringt man die Fenster etwa 15 bis 30° von der Achse entfernt an, so erhält man im Innern der rotierenden Kugel einen konstanten Sonnenstand, der etwa dem am Erdäquator in den Vormittagsstunden um die Zeit der Sommersonnenwende entspricht. Wegen der gemessenen am Volumen der Station minimalen Oberfläche (Kugel!) kann der Aufwand für den Strahlenschutz relativ gering gehalten werden. Als Material kommt für die entsprechenden Schutzschilder unverarbeitetes Mondgestein

¹⁾ Alle nachfolgenden Argumente basieren auf Veröffentlichungen von O'Neill, die hier lediglich referiert werden

infrage; auch Industrieabfälle erfüllen den geforderten Zweck. Das Strahlenschutzmateriale könnte in zwei kugelförmige Schalen gefüllt werden, die die Station in geringem Abstand umschließen. Natürlich ist die Sonneneinstrahlung und die Ableitung der einströmenden Wärme zu garantieren. Teilt man das Habitat in drei Dörfer, die drei „Zeitzonen“ von je 8 Stunden Ortszeitdifferenz voneinander entfernt liegen, so kann die Produktion in drei einander ablösenden Tagschichten abgewickelt werden. Man gewährleistet derart die volle Auslastung aller Produktionseinrichtungen ohne Nachschichten. Das Ganze könnte an jenen Kristallpalast erinnern, der anlässlich der Weltausstellung 1852 von britischen Spezialisten entworfen wurde und zum Wahrzeichen der Exposition avancierte: hell und luftig, einem großen Gewächshaus vergleichbar bestehend aus eisengerahmten Glasscheiben. Dieser Palast wurde damals von relativ wenig Spezialisten binnen einiger Monate aufgestellt und enthielt in seinem Innern Ausstellungsflächen mit Bäumen, Straßen und Rasen.

Für die Masse von „Insel Eins“ muß man etwa 100000 Tonnen veranschlagen – etwa soviel wie ein großer Ozeandampfer wiegt. Allerdings kommt durch Boden, Gebäude und Atmosphäre sowie durch die erforderlichen landwirtschaftlichen Maschinen noch weitaus mehr Masse in der Größenordnung einiger hunderttausend Tonnen hinzu. Allein der Strahlenschutzmantel erfordert etwa 3 Millionen Tonnen Masse.

Diese Zahlen klingen zunächst utopisch. Man fragt sich, welche Kosten für die Errichtung dieser ersten Arbeitsstation wohl anfallen mögen. Zur Beantwortung dieser Frage gilt es zu überlegen, wo sich die Arbeitsstation befinden soll und auf welche Weise sie mit Material versorgt wird. Diesbezügliche Studien führten zu dem Ergebnis, daß ein geeigneter Standort in der Nähe des sog. L₅-Punktes der Mondumlaufbahn liegen könnte.

Anm. d. Red.: Es handelt sich hierbei um einen der 5 Librationspunkte im System Erde-Mond. Da die Theorie dieser Punkte 1772 von J. L. Lagrange zuerst erarbeitet wurde, trägt die im L₅-Punkt stationierte „Insel“ auch den Namen „Lagrangia“.

Das „süße Inselleben“ und die Kosten

O'Neill stellt sich die Situation „an Bord“ der Insel Eins recht lukrativ vor: nachdem erst einmal der gespeicherte Flüssigsauerstoff in Habitat und Ackerbauzyliner eingestromt ist, können die ersten Bauarbeiter in luxuriös ausgestattete Einfamilienhäuser ziehen. Zuvor ist die Station in Rotation versetzt worden. Hierzu reicht ein Elektromotor von der Leistung eines Automotors aus – allerdings wird die gewohnte Erdbeschleunigung am Äquator erst nach eini-

gen Monaten erreicht. Die Wohnfläche für eine fünfköpfige Familie könnte etwa 230 m² betragen; ein rd. 50 m² großer Garten gehört dazu. Bei terrassenförmiger Anlage der Häuser ist nur ein kleiner Teil der Kugellinenfläche für die Wohnstätten erforderlich. Der weitaus größere Teil kann allgemeine Nutzfläche werden, etwa parkartige Grünanlagen oder Gewässer zum Schwimmen und Bootfahren. Mondsand säumt großzügig angelegte Schwimmbecken. Der Transport von Personen und Gütern verläuft durch zylindrische Kanäle längs der Rotationsachse. Da dort keinerlei Kräfte wirken, ist diese „gravitationsfreie Zone“ für die Lösung von Transportaufgaben sehr geeignet. Durch diese Kanäle gelangt man auch zu den außerhalb der Station gelegenen Industrieanlagen. Zugleich kann die überflüssige Wärme durch rotationsachsenparallele Kanäle nach außen befördert werden, wo sich Radiatoren zur weiteren Ableitung der Wärme befinden.

Die Bevölkerungsdichte liegt bereits auf diesem ersten Habitat weitaus niedriger als in den weit aus meistens irdischen Städten der Gegenwart. Für die weiteren Fortschritte des Besiedlungsprojekts ist die Produktivität der Insel Eins entscheidend. Ihrer Kalkulation wurde deshalb erhebliche Aufmerksamkeit zugewendet. Allein die Tatsache, daß man vornehmlich Güter produziert wird, die im Habitat selbst oder in dessen unmittelbarer Nähe benötigt werden, macht die Produktion im Hinblick auf die Verwendung der Güter sehr effektiv. Die Herstellung derselben Güter auf der Erde würde einerseits irdische Rohstoffe und Energie beanspruchen. Der noch wesentlichere Nachteil würde aber in der Notwendigkeit bestehen, diese Erzeugnisse unter großem Aufwand nach L₅ zu befördern. Ein einziger Arbeiter, der in L₅ eine Normleistung von etwa 20 Tonnen pro Jahr erwirtschaftet, würde wegen der entfallenden Transportkosten einen Gewinn von mehreren Millionen Dollar pro Jahr erbringen. Binnen weniger Jahre würden die gesamten Investitionskosten der Insel Eins getilgt. Die Weltraumerzeugnisse könnten vor allem dazu dienen, weitere Inseln von der Art der ersten zu bauen.

Stellt man nun Überlegungen zu den Kosten der Errichtung einer solchen Station in L₅ an, so zeigen allerdings die Erfahrungen des Apollo-Projekts, daß die Heranschaffung des gesamten Materials mit herkömmlichen Methoden von der Erde aus das Vorhaben ernsthaft gefährden würde. Jedes Kilogramm transportiertes Material würde etwa 100000 Dollar verschlingen. Selbst, wenn es durch Entwicklung neuartiger Transportsysteme gelingen sollte, diese Kosten um Größenordnungen zu senken, bliebe das Projekt kaum

ausführbar. Dies gilt erst recht für die mehrfache Reproduktion der Insel Eins oder den Aufbau weiterer größerer „Inseln Zwei“.

Schlösser, die im Monde liegen

Hieraus folgt zwangsläufig, daß man bereits für den Bau der ersten Insel einen erheblichen Teil des Baumaterials vom Mond heranschaffen muß. Somit ist schon zu Beginn des gesamten Projekts die Errichtung einer entsprechend leistungsfähigen Station auf dem Mond erforderlich, die mit den notwendigen Produktionsanlagen verbunden ist.

Auf einer Tagung über Weltraum-Produktionsanlagen im Mai 1975 in Princeton wurden u. a. Transportprobleme diskutiert. Als Transportmittel wurde ein „Shuttle-Derived Heavy-Lift Vehicle“ (HLV) – ein vom Space Shuttle abgeleitetes Schwertransportraumschiff vorgeschlagen. Damit sollte es möglich sein, etwa 100 Tonnen Masse in eine erdnahe Umlaufbahn zu bringen. Die Experten errechneten, daß der Transport einer Tonne Material zur Mondoberfläche etwa doppelt so teuer ausfällt wie der Transport zu L 5. Diesen Berechnungen liegt die Verwendung eines Schleppers (Tug) zugrunde, der von einem HLV in eine niedere Umlaufbahn gebracht werden kann. Dabei handelt es sich im Grunde lediglich um ein chemisch angetriebenes mit Steuerorgan ausgerüstetes Triebwerk. Weiter ist noch eine Mondlandeinheit erforderlich, ein dem Tug verwandtes Raumfahrzeug. Somit werden weitgehend relativ kurzfristig entwickelbare, auf der heutigen Raumflugtechnik basierende technische Hilfsmittel zur Lösung des Transportproblems verwendet.

Starke Kostensenkungen durch Verminderung der Anzahl erforderlicher Starts von der Erde aus kann man erreichen, wenn man bei L 5 flüssigen Sauerstoff für die Triebwerke zur Verfügung hätte. Die Tatsache, daß Mondmaterial zu über 40 % aus Sauerstoff besteht, legt den Gedanken nahe, in L 5 eine Produktionsanlage zu errichten, die Sauerstoff aus Mondmaterial produziert. Diesbezügliche Ideen äußerten bereits Robert Goddard Ende der zwanziger Jahre und einige Jahre später der Brite Arthur C. Clarke. Um möglichst wirtschaftlich zu produzieren, müssen nun die dadurch erreichbaren Einsparungen zu den entsprechenden Kosten ins Verhältnis gesetzt werden. Dabei ergibt sich, daß man innerhalb weniger Jahre mehrere Millionen Tonnen Mondmaterial verarbeiten müßte. Wirtschaftlich bleibt diese Sauerstoffproduktion aber nur dann, wenn die dazu auf dem Monde selbst erforderlichen Anlagen höchstens einige tausend Tonnen Masse besitzen. Unter Verwendung von Raketen ist eine solche

Leistung nicht zu erbringen. Denn letztlich bedeutet diese Forderung, Transporttechnik einzusetzen, die innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes etwa das tausendfache ihrer Eigenmasse befördern kann. Deshalb ist es erforderlich, ein Transportmittel zu entwickeln, das Transportleistungen vollbringt, ohne selbst den Mond zu verlassen. Detallierte Überlegungen zeigen, daß hierzu ein „mass driver“, ein magnetischer Schlitten geeignet ist. Dabei handelt es sich um ein magnetisch geführtes Transportmittel von etwa 5 kg Masse, das rd. das doppelte am Mondmaterial aufnimmt. Beschleunigt man einen solchen Schlitten über eine Strecke von 10 km, so können Geschwindigkeiten erreicht werden, die – wegen der geringen Masse des Mondes – bereits ausreichen, um die Ladung aus dem Schwerkfeld des Mondes zu entfernen. Der Schlitten hingegen wird abgebremst und kehrt auf die Mondoberfläche zurück (Katapultabschuß). Dafür sind nicht mehr als etwa 150 Sekunden erforderlich. Bei etwa 60 %iger Auslastung können folglich pro Jahr etwa 1 Million Tonnen Mondmaterial zu L 5 geschossen werden. Dort sorgen entsprechende Produktionsanlagen dafür, daß aus dem lunaren Material Metall, Glas, Keramik und flüssiger Sauerstoff gewonnen wird. Die gleichzeitig entstehenden Abfallschlacken sind als Strahlenschutzmaterial geeignet. Neuerdings wurde gezeigt, daß es aus Navigationsgründen günstiger wäre, das Mondmaterial nicht auf direktem Weg zu L 5 zu befördern, sondern einen Umweg über L 2, 60000 km hinter dem Mond. Kommt es nämlich bei den Katapultschüssen zu Schwankungen in der Abschußgeschwindigkeit, dann gelangen die Materialpakete trotzdem noch zu L 2. Bei direktem Abschuß auf L 5 wäre dies nicht der Fall. Hier wären folglich raketedüsengestützte Nachsteuerungsfelder erforderlich. Als geeigneter Abschußort des Materials zu L 2 gilt die Gegend nahe des Krater Maskelyne und Censorius. In L 2 werden die ankommenden Pakete nach 2 Tagen Flug und einer Geschwindigkeit von 900 km/h von einem Massenfänger aufgehalten. Dieser hat dann die Aufgabe, der Masse die erforderliche Geschwindigkeitsänderung von 1700 km/h aufzuprägen, die erforderlich ist, um die Masse nach L 5 gelangen zu lassen....

Kosmische Siedlungen – pro und contra

Nachdem die Pläne O'Neills in ihren Grundzügen bekannt geworden waren, haben sich Experten verschiedener Länder mit ihnen auseinandergesetzt und sie „auf Herz und Nieren“ geprüft. Dabei sind ernsthafte Bedenken, vor allem gegen die Kostenabschätzungen und Zeitpläne, laut geworden.

O'Neill und seine Anhänger behaupten z. B., daß die Verwirklichung des Aussiedlungsprogramms gegenwärtig nicht utopischer sei als die amerikanische Mondlandung zehn Jahre vor ihrer Realisierung. Dabei vergißt er allerdings, daß Ende der fünfziger Jahre schon sehr leistungsstarke Trägerraketen vorhanden waren. Er läßt unerwähnt, daß es bereits Anfang der sechziger Jahre eine wissenschaftlich-technische und im großen und ganzen finanziell abgesicherte Vorstellung über den Ablauf des Unternehmens gab. Dergleichen ist für die Besiedlungsprojekte keineswegs in Sicht. Eine im Jahre 1976 in den USA veröffentlichte Studie über die Raumfahrtziele der kommenden zwei Jahrzehnte gibt über das Besiedlungsprojekt keinerlei konkrete Auskünfte. Der Raumfahrtautor Horst W. Köhler (BRD) vertritt die Ansicht, daß sich O'Neill hinsichtlich seiner Zeitpläne allein vom Standpunkt der noch zu lösenden technischen Probleme um wahrscheinlich 150 Jahre getäuscht hat.

Ahnliches trifft auf die Kostenangaben zu. Köhler schreibt: „Es müssen Kilotonnen von Masse von der Erde und Megatonnen vom Mond bewegt werden. Allein das zur Strahlenabschirmung benötigte Gestein und Geröll ... beträgt für die Radstation mehr als 10⁷ Tonnen!“ Insgesamt nimmt Köhler an, daß die Kosten um einen zweistelligen, wenn nicht gar einen dreistelligen Faktor zu niedrig angesetzt sind. Ein Vergleich mit den heutigen Finanzierungsschwierigkeiten der NASA macht dann deutlich, daß selbst die von O'Neill veranschlagten 100 Milliarden Dollar, auf einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren verteilt, ernsthafte Problemen it sich bringen würden, geschweige denn die unvergleichlich höheren realen Kosten für die Projekte.

Hinzu kommen konkrete technische Analysen von Spezialisten, die ebenfalls zahlreiche Einwände gegen die von O'Neill vorgeschlagenen Lösungen vorbringen.

Bei einer kritischen Bewertung des Unternehmens „Lagrange“ geht es jedoch keineswegs nur – und gegenwärtig wohl nicht einmal in erster Linie – um die technischen Details. Mögen sich viele von ihnen auch als nicht realisierbar herausstellen, so würden ohne Zweifel andere Lösungen vorgeschlagen. Doch damit haben wir noch keine Antwort auf die Grundfrage: Wird die Menschheit jemals tatsächlich das Planetensystem erobern und besiedeln? Sind wir aufgrund der Rohstoff- und Energiesituation sowie des Anwachsens der Erdbevölkerung wirklich gezwungen, auf schnellstem Wege die „Wiege der Menschheit“ zu verlassen? Sind die bisher vorgelegten Zeitpläne realistisch oder illusorisch? Können mit Hilfe eines großangelegten

Aussiedlungsprogramms soziale Fragen gelöst werden?

Aussiedlung – eine soziale Pille?

„Ich gehe in meinem Projekt von humanitären Überlegungen aus“, versichert O'Neill in seinem bereits mehrfach zitierten Buch, und wer wollte daran zweifeln. Doch dann fügt er hinzu: „Jeder technische Fortschritt kann tiefgreifende Änderungen im sozialen Gefüge bewirken, und deshalb beschränke ich mich auf Möglichkeiten, die die Freiheit der menschlichen Lebensgestaltung fördern.“ Auch an dieser Tatsache ist nicht zu zweifeln. Doch die Betonung liegt auf kann und man darf dieses Wörtchen keineswegs ersetzen durch das andere muß. Die bisherige Geschichte der Produktivkräfte hat eine erdrückende Fülle von Beispielen dafür parat, wie technische Fortschritte sich gegen die Menschen auswirkten, statt ihnen zu dienen und ihr Leben zu verbessern. Und auch gegenwärtig tritt uns die Technik in globalem Maßstab mit einem Januskopf entgegen: in den hochentwickelten kapitalistischen Industriegesellschaften verursacht ihr Fortschreiten Unsicherheit, Angst um Arbeitsplätze bis zur Zukunftsvision von Menschen, die unter der Knechtschaft der Technik stehen. In den sozialistischen Staaten bewirkt die fortschreitende Technisierung zunehmend besser die Befriedigung gesellschaftlicher und individueller Bedürfnisse. Dabei ist unverkennbar, daß soziale Problemstellungen in letzter Instanz die technischen Fortschritte bedingen und nicht technische Fortschritte soziale Umwälzungen zur Folge hatten. Insofern mag zwar die Absicht O'Neills durchaus ehrenwert sein, es fragt sich nur, ob sie überhaupt realisierbar ist. Daß soziale Zusammenhänge, die in einem langen historischen Prozeß hier auf der Erde entstanden sind, durch die „Flucht“ ins Weltall nicht außer Funktion gesetzt werden können, führen uns nicht allein theoretische Überlegungen vor Augen, sondern auch handfeste Äußerungen von sozial determinierten Erdenbürgern. Ein Komitee des amerikanischen Kongresses beispielsweise setzt sich aus solchen Personen zusammen. Das Ergebnis der Beschäftigung dieses Komitees mit den Ideen O'Neills klingt allerdings weitauß weniger freundlich als die Ansichten des Projektmachers. In einer dreibändigen Studie forderte das Komitee die Militärs der USA auf, das Projekt doch einmal auf seine Verwendbarkeit für strategische Stützpunkte zu überprüfen. Eine Westberliner Zeitung räsonierte unlängst in diesem Zusammenhang: „Anstelle friedlicher Weltraumbauern würden dann stramme Kosmos-Gardisten zum Dienst in den Kolonien abkommandiert. Nicht friedliche Ziegen und gak-

kernde Hühner ... belebten dann den künstlichen Stern, sondern atomare Fernraketen würden ihre drohenden Zielaugen auf den Heimatplaneten richten. Von O'Neills Traum bliebe kaum etwas übrig.“

In der Tat: Träume sind das eine, politische Realitäten das andere. Bei aller Produktivität von Träumen können Realitäten durch sie nicht außer Kraft gesetzt werden. Ob man dies nun bedauert oder nicht, ist ohne Belang. ...

Daß die realen sozialen Bedingungen durch Raumfahrtprojekte nicht aufgehoben werden können, sehen allerdings auch bürgerliche Wissenschaftler immer deutlicher. So schreibt z. B. der bekannte Futurologe Robert Jungk: „Der Staat (gemeint sind hier die USA, d. A.) duldet und finanziert wissenschaftliche Pionierpläne, weil er sich davon militärische Vorteile verspricht. Aber jeden Augenblick könnte der Widerspruch, in dem die Forscher und Ingenieure leben, aufbrechen. Es müßte nicht einmal gleich der Krieg kommen, um eine solche Krise heraufzubeschwören. Es brauchte nur eine der beiden Großmächte zur anderen zu sagen: „Wir werden nicht dulden, daß ihr Satelliten mit Beobachtungsgeräten in den Weltraum schickt, mit deren Hilfe ihr uns beobachten und kontrollieren wollt“ ... Dann nämlich würde den Menschen vielleicht klarwerden, daß sie mit all ihren exakten und akkuraten Technik doch höchst unrealistisch waren, als sie in der Mitte des 20. Jahrhunderts nach anderen Himmelskörpern griffen, ehe sie auf ihrem eigenen Planeten eine vernünftige Ordnung geschaffen hatten.“ Wie zutreffend diese Einschätzung letztlich ist, zeigen die großen Anstrengungen, die von den Nationen zur Schaffung eines der friedlichen Forschung dienenden Weltraumrechts erbracht werden müssen, wofür sich insbesondere die Sowjetunion seit Beginn der praktischen Raumfahrt energisch einsetzt. Weltraumrecht aber wird auf der Erde von Menschen gemacht und spiegelt ebenso die Interessen von Klassen wider wie jedes andere Recht auch. Es ist also nichts als eine demagogische Illusion, wenn z. B. das Science Fiction Magazin „Andromeda“ seinen Lesern glauben machen will: „Den meisten Menschen, die vollkommen zu Recht nach einer Lösung unserer Probleme auf der Erde verlangen, ist noch nicht klar, daß nur die Weltraumfahrt zu einer solchen dauerhaften Lösung führen kann.“ In Wirklichkeit gibt es keine Flucht in den Kosmos, die nicht zuletzt zeigen würde, daß der Mensch – wie Jungk weiter schreibt – „das All nicht beherrschen kann, solange er nicht sich selbst und seinesgleichen beherrschen wird.“

Schkłowski hat es deutlicher gesagt: Die Eroberung des Planetensystems im Sinne der Er-

richtung von Raumkolonien ist die Aufgabe der Menschheit nach dem weltweiten Aufbau des Kommunismus auf der Erde! Kühne und kühnste Projekte der Menschheit – wozu die Besiedlung des uns umgebenden kosmischen Raumes zweifellos gehört – realisieren sich also keineswegs widerspruchsfrei und schon gar nicht automatisch. Die tiefe Dialektik dieses Prozesses besteht darin, daß dieselben Probleme, die eine künftige Nutzbarmachung des Weltraums motivieren, sich ebenso zum größten Hindernis ihrer Verwirklichung auswachsen können. Dies zu verhindern, ist eine bedeutsame Aufgabe für die fortschrittlichen Kräfte der Menschheit. Es erfordert, die größten Gebrechen der menschlichen Gesellschaft wie Krieg, Hunger und soziale Ungerechtigkeit zu beseitigen. Die Aussiedlung löst diese Probleme nicht in dem einfachen Sinn, daß wir sie hier auf der Erde zurücklassen könnten. Die gewaltige Entwicklung der Produktivkräfte, die das Aussiedlungsprojekt erfordert, muß hier auf der Erde realisiert werden und dies wird nicht möglich sein, wenn ein ständig größerer Teil menschlicher Arbeitsresultate der Aufrüstung zufließt. Vielmehr müssen alle Mittel und Kräfte freigesetzt werden, die heute noch der Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Gebrechen der Menschheit dienen. Wie stets in der Geschichte der Menschheit, so erweist sich auch hier, daß der Kampf um wissenschaftlichen und technischen Fortschritt letztlich vom Kampf um sozialen Fortschritt nicht zu trennen ist. Haben wir eine Gesellschaft, die nach einem Gesamtwillen und nach einem Gesamtplan geleitet wird, in der die freie Entwicklung eines jeden zur Bedingung für die freie Entwicklung aller geworden ist, mag Lagrangia greifbarer sein als heute.

Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern (III)

MANFRED WOCHE

Speckle-Holographie nach Liu und Lohmann

Um echte Bilder der zu untersuchenden Objekte zu bekommen ist es notwendig, während der Verarbeitungsstufen der SpB die Phaseninformationen mit zu speichern. Die Frage des Mit-einbeziehens der Phaseninformation kann prinzipiell auf holographischem Wege geschehen. In Analogie zur Fourierholographie, bei der die Phaseninformation in Form von Phasendifferenzen durch Anwendung eines Referenzstrahls gespeichert wird, werden bei der Speckle-Holographie die Phaseninformationen der Fouriertrans-

formierten durch gleichzeitige Speckle-Aufnahme eines weiteren, jedoch nicht auflösbaren Sterns auf der gleichen Photoplatte gesichert. Dieser nicht auflösbare Stern wird als Referenzstern bezeichnet. Er muß sich im isoplanatischen Gebiet des zu den Speckle-Aufnahmen verwendeten Teleskopes befinden und wird mit dem zu untersuchenden Objekt auf derselben Photoplate gespeichert. In Kurzform läßt sich das Prinzip der Speckle-Holographie wie folgt darstellen.

Die gesamte Intensitätsverteilung $O(x)$ des Objektes kann man sich als Summe zweier getrennter Ausdrücke zusammengesetzt denken.

$$O(x) = R(x) + O(x - a) \quad (12)$$

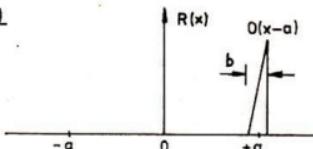
$R(x)$ bezeichnet den nichtauflösbaren Referenzstern und $O(x - a)$ das zu untersuchende Objekt im Abstand a zum Referenzstern. Vom Gesamtobjekt $O(x)$ werden wiederum eine Vielzahl von Speckle-Aufnahmen angefertigt und dem oben beschriebenen Labeyrie-Prozeß unterworfen. Das Ergebnis dessen ist die Autokorrelation von Objekt + Referenzstern, die außer der vom Referenzstern $R(x)$ überlagerten Faltung von $O(x)$ zwei echte Bilder des zu untersuchenden Objektes liefert. Objekt + Referenzstern sowie dessen Autokorrelation sind in Abb. 7 schematisch dargestellt. Die Autokorrelation des Objektes liefert nur dann zwei getrennte Bilder des Ob-

jectes, wenn die Ungleichung $a \geq \frac{3}{2} b$ gilt. a ist hierbei der Winkelabstand vom Objekt zum Referenzstern und b der Winkeldurchmesser des Objektes.

Lohnende astronomische Objekte für Untersuchungen mit der Speckle-Holographie sind außer Doppelsternen nahe einzelner nicht auflöbarer Sterne (γ And, Zeta Cas, ADS 3358) auch auflösbare Sternscheiben (Mira, α Her) und

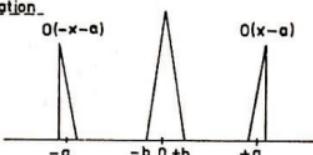
Abb. 7 Objekt (x) und dessen Autorrelation in der Speckle-Holographie

Objekt $O(x)$



Autokorrelation

von $O(x)$



Mehrachsysysteme von Sternen. In jedem Fall ist aber gefordert, daß sich ein nichtauflöbarer „Referenzstern“ in unmittelbarer Nähe (innerhalb des isoplanatischen Gebietes) befindet.

Sternscheibenrekonstruktion nach Lynds

Beim Vergleich der Speckles eines theoretisch nicht auflösbaren Sterns mit denen eines theoretisch auflösbaren fällt eindeutig ein Unterschied in ihren Strukturen auf. Die Speckles des theoretisch nicht auflösbaren Sterns haben einen Durchmesser, der dem des Beugungsbildes bei der Beugung des Lichtes an der Teleskopöffnung entspricht. Ein Stern, dessen wahrer Winkeldurchmesser größer als die beugungsbegrenzte Auflösung des Teleskopes ist, zeigt dagegen Speckles in der Größe, die dem wahren Sternwinkeldurchmesser entsprechen. Das läßt sich leicht erklären, wenn man den theoretisch auflösbaren Stern als ausgedehntes Objekt betrachtet, für welches die Isoplanasie-Bedingung erfüllt ist. Die Sternscheibe als ausgedehntes Objekt stellt man sich dann in einzelne leuchtende Punkte zerlegt vor. Ein jeder dieser Punkte wird wegen der Isoplanasie-Bedingung von der gleichen Punktverwaschungsfunktion zu einem SpB verbreitert. Die von allen Punkten herührenden SpB überlagern sich gleichzeitig zu einem resultierenden SpB. Auf dieser Tatsache, daß jedes Speckle eines SpB näherungsweise dem Bild der Sternscheibe bei theoretischer Auflösung des verwendeten Teleskopes entspricht, beruht die Methode der Sternscheibenrekonstruktion nach Lynds (und Mitarbeiter). Erstmalig wandten sie ihr Verfahren mit dem 4 m-Spiegel auf dem Kitt Peak auf die zwei Sterne α und γ Orionis an.

Der Überriese α Orionis (Betelgeuze) hat einen solch großen Winkeldurchmesser, daß er (wäre nicht die Erdatmosphäre vorhanden) mit dem 4 m-Spiegel schon als aufgelöste Sternscheibe zu erkennen sein müßte. γ Orionis (Bellatrix) dagegen hat einen zu kleinen Winkeldurchmesser, um unter den gleichen Bedingungen mit dem gleichen Teleskop noch aufgelöst werden zu können. Von diesen zwei Sternen wurden SpB mit Hilfe einer Speckle-Kamera aufgenommen. Bild 3 (Bild-S. I) zeigt die sich auf den ersten Blick voneinander unterscheidenden SpB dieser Sterne. Das SpB des theoretisch nicht auflösbaren Sterns γ Orionis setzt sich aus einer Vielzahl einzelner, in ihrer Ausdehnung beugungsbegrenzter Scheibchen zusammen. Deren Intensität und flächenhafte Verteilung wird allein von der beschriebenen Punktverwaschungsfunktion bestimmt. Gleichermassen wirkt diese Punktverwaschungsfunktion auf den theoretisch auf-

lösabaren Stern α Orionis, dessen Speckles infolge ihrer größeren Ausdehnung verwischener erscheinen.

Zur Auswertung der SpB mußte deren komplizierte zweidimensionale Struktur quantitativ erfaßt werden. Dies erfolgte mit einem Mikrophotometer, welches zur Messung der Schwärzungsverteilung im SpB dieses auf einer quadratischen Fläche an 256×256 Meßstellen abtastete. Die gemessenen Schwärzungen wurden in Intensitäten umgerechnet und mit ihren Ortskoordinaten im SpB einem Rechner zugeführt. Dort wurde aus ihnen nach entsprechender Aufbereitung der Daten (u. a. Wichtung der einzelnen Speckles entsprechend ihren Intensitäten) das gemittelte, allerdings noch stark verrauschte Intensitätsprofil eines Speckles errechnet. Dieses stellt das rekonstruierte Bild des Sterns dar, so wie er ohne störende Atmosphäre bei voller Auflösung des Teleskopes sichtbar wäre. Zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses der aus einem SpB rekonstruierten Sternscheibe werden mehrere rekonstruierte Bilder eines ganzen Ensembles von SpB überlagert. Dadurch werden solche Fehler in der rekonstruierten Sternscheibe eliminiert, die durch das stochastische Verhalten der Erdatmosphäre verursacht werden. Die Bilder 4a und b zeigen die rekonstruierten Sternscheiben von α und γ Orionis. Der Durchmesser des rekonstruierten Bildes von γ Orionis entspricht etwa dem Beugungsscheibchen des 4 m-Spiegels und kennzeichnet damit dessen Auflösungsgrenze. Die im Vergleich dazu etwa doppelt so große Sternscheibe von α Orionis entspricht der aufgelösten Sternscheibe von ungefähr $0''.06$ Winkeldurchmesser.

Ein interessantes Ergebnis brachte die Sternscheibenrekonstruktion von α Orionis in zwei schmalen Wellenlängenbereichen, die dem Licht aus der Photosphäre bzw. der Chromosphäre entsprachen. Dabei zeigte sich, daß die rekonstruierte Sternscheibe von α Orionis im chromosphärischen Licht (wie zu erwarten) einen größeren Durchmesser als im photosphärischen Licht hat. Die Differenz zwischen den ermittelten Durchmessern betrug 10%. Weiter konnte mit α Orionis erstmals nachgewiesen werden, daß außer der Sonne auch andere Sterne feste Oberflächenstrukturen aufweisen. Dies zeigten vor allem die rekonstruierten Bilder im Licht der TiO-Absorptionsbänder (s. Bild 5).

Abschließend läßt sich sagen, daß die Speckle-Interferometrie ungewöhnliche Möglichkeiten der Informationsgewinnung bei astronomischen Objekten bietet. Dies wird in Zukunft nach Erreichen der vorgegebenen Grenzhelligkeit nicht nur Sterne, sondern auch Quasare und aktive Galaxienkerne betreffen. Die Methoden der Speckle-Interferometrie sind auch auf Objekte innerhalb unseres Sonnensystems anwendbar. So konnten z. B.

schon die Durchmesser der Planetoiden Pallas und Vesta und der Durchmesser des Pluto mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Weitere Ergebnisse werden nicht lange auf sich warten lassen.

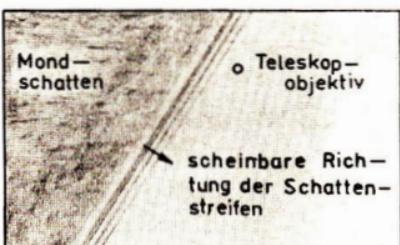
Sternbedeckungen durch den Mond

Wird ein Stern vom unbeleuchteten Rand des Mondes bedeckt, dann fällt seine Intensität in sehr kurzer Zeit auf den Wert Null. 1909 schlug Mc.Mahon vor, aus dieser kurzen Abklingzeit der Intensität eines Sterns auf dessen Durchmesser zu schließen. Er berechnete, daß ein Stern mit einem scheinbaren Winkeldurchmesser von $0''.001$ in $1/500$ Sekunde verdeckt sein würde und dies mittels spezieller photographischer Techniken nachweisbar sein müßte. Eddington (1909) zeigte aber, daß infolge von Beugungseffekten am Mondrand die Abklingzeit um etwa das achtfache länger ist. Infolge dieser verschlechterten Auflösung sollte die von Mc.Mahon vorgeschlagene Methode nur auf Sterne mit den größten Winkeldurchmessern anwendbar sein. Diese Einschränkungen führten dazu, daß erste Bemühungen in dieser Richtung zur Bestimmung von Sterndurchmessern nicht weiter verfolgt wurden.

In Jahre 1936 gelang M. A. Arnulf in Frankreich eine bemerkenswerte Beobachtung. Bei einer Bedeckung des Regulus konnte er auf photographischem Wege zwei Beugungsstreifen registrieren. Aus diesen leitete er für Regulus einen Winkeldurchmesser von $0''.0018$ ab. Der exakte Winkeldurchmesser konnte erst viel später mit dem Intensitäts-Interferometer zu $0''.0013$ bestimmt werden.

Neuen Aufschwung bekam die Bedeckungsmethode zur Bestimmung von Sterndurchmessern erst 1939 durch Arbeiten von Williams. Dieser konnte theoretisch nachweisen, daß Eddingtons Beugungssargument, obwohl richtig, unvollständig ist. Er wies nach, daß man Informationen über den Winkeldurchmesser eines Sterns aus einer genauen Intensitätsregistrierung der bei

Abb. 8: Schema eines Bedeckungseignisses unmittelbar vor dessen Beginn.



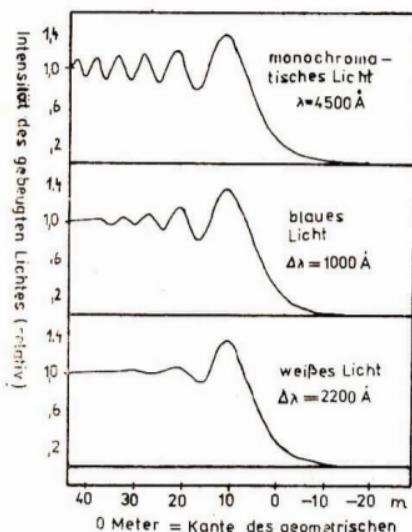


Abb. 9: Einfluß der spektralen Bandbreite des Sternlichtes auf die Form der Schattenstreifen.

der Bedeckung auftretenden Beugungsstreifen gewinnen kann. Kurz darauf konnten seine theoretischen Voraussagen von Whiteford experimentell bestätigt werden. Die Berechnungen von Williams beruhen auf der Annahme, daß die den Stern bedeckende Stelle des Mondrandes wie ein ebener Schirm wirkt. Damit

reduzieren sich die optischen Begleiterscheinungen des Bedeckungspheomene auf das vertraute Problem der Beugung an einer geraden Kante und lassen sich vorher berechnen.

Betrachten wir die bei einer Bedeckung ablaufenden Vorgänge:

Schiebt sich der Mond infolge seiner scheinbaren Bewegung unter den Sternen zwischen die angenommene Verbindungslinie Stern—Beobachter, dann wirft er einen Schatten, der sich mit hoher Geschwindigkeit (max. 900 m/s) über die Erdoberfläche bewegt. Wegen des Mondlichtes und anderer störender Lichtquellen ist dieser Schatten, der durch die Beugung des Sternlichtes am Mondrand modifiziert ist, nicht ohne weiteres wahrnehmbar. Seine Struktur läßt sich aber leicht berechnen und ist mit einem auf den Stern gerichteten Teleskop und empfindlichen Photometern hoher zeitlicher Auflösung bei seinem Durchgang durch den Beobachtungsort registrierbar. Abb. 8 zeigt ein Bedeckungereignis mit augenblicklicher Position von Mondschatzen und Beugungsstreifen auf der Erdoberfläche und dem Standort des Teleskopes.

Berechnete Beugungsstreifen für verschiedene spektrale Bandbreiten unter der Annahme punktförmiger, d. h. nicht auflösbarer Sterne sind in Abb. 9 dargestellt. Mit größer werdender spektraler Bandbreite verwischen die schwächeren Beugungsstreifen immer mehr. Der Streifenabstand ist von der Wellenlänge des empfangenen Lichtes abhängig. Aus der Distanzskala in Abb. 9 ist ersichtlich, daß nur Teleskope begrenzter Öffnung optimal anwendbar sind. Eine

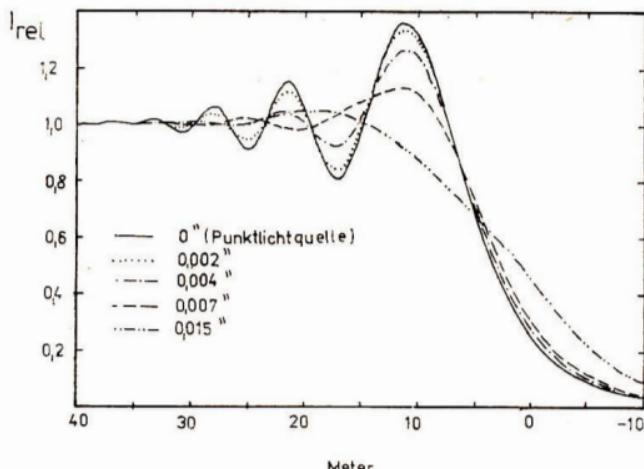


Abb. 10: Einfluß der Winkeldurchmesser der Sterne auf die Struktur der Schattenstreifen.

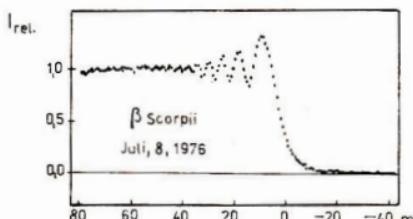


Abb. 11: Registrierte Bedeckung von Beta Scorpii durch den Mond.

optimale Teleskopgröße (Spiegeldurchmesser) ist nicht im Voraus berechenbar, da das Signal/Rausch-Verhältnis der empfangenen Signale sehr stark von der atmosphärischen Szintillation beeinflußt ist und diese sich kurzzeitig stark ändern kann. Die bei Sternbedeckungen registrierten Beugungseffekte unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich verschiedener Wellenlängen λ und spektraler Bandbreiten $\Delta\lambda$, sondern auch bei verschiedenen Winkeldurchmessern der bedeckten Sterne. Ein Vergleich gemessener Werte mit berechneten Werten bei vorgegebenen Parametern λ , $\Delta\lambda$ und Winkeldurchmesser läßt auf den gesuchten Winkeldurchmesser der registrierten Sterne schließen. In Abb. 10 sind berechnete Werte für verschiedene Winkeldurchmesser von Sternen dargestellt. Die hierbei angenommene spektrale Bandbreite entspricht dem V-Bereich aus dem *UBV*-System. Daß sich die photoelektrische Beobachtung von Sternbedeckungen zu einer perfekten Methode der Bestimmung von Sterndurchmessern entwickelt hat, ist an den in Abb. 11 dargestellten Messungen bei der Bedeckung von β Scorpii durch den Mond ersichtlich.

Mit Erfolg werden photoelektrische Registrierungen von Sternbedeckungen auch zur Untersuchung enger Doppelsternsysteme angewandt. Der Vorteil der Bedeckungsmethode zur Bestimmung von Sterndurchmessern liegt in ihrer leichten Realisierbarkeit. Anwendbar ist sie auf Sterne bis zur neunten Größenklasse. Da sie an die Position des Mondes gebunden ist, können mit ihr nur Sterne in einem begrenzten Deklinationsbereich untersucht werden.

(Das Literaturverzeichnis wird auf Wunsch zugesandt.)

Über die Tätigkeit der Arbeitsgruppe Sternbedeckungen

EDGAR OTTO

Mit dem Beschuß des ZFA Astronomie im Kulturbund der DDR aus dem Jahre 1977, weitere Arbeitsgruppen für aktive Beobachter der verschiedenen Arbeitsbereiche zu bilden, wurde eine neue Etappe in der Entwicklung der amateurastronomischen Bewegung unserer Republik eingeleitet. Bereits die wenigen Jahre seit dieser Entscheidung beweisen, welche große Aktivität die Mitglieder entwickeln und wieviele Einzelamateure für eine gemeinschaftliche Zielstellung gewonnen wurden.

Das widerspiegelt sich auch in der Entwicklung der Arbeitsgruppe Sternbedeckungen, die nach einer kurzen Etappe der Sammlung von Interessenten im Jahre 1978 die planmäßige Arbeit aufnahm. Das Wachstum wird zunächst erkennbar an der Zunahme der Zahl der aktiven Beobachter: Die Zahl stieg von 7 im Jahre 1978 auf 18 im Jahre 1979 und 1980 auf 49 Beobachter. Dabei zählt jeder Amateur, der das Meßergebnis von wenigstens einer Sternbedeckung zur Auswertung eingesandt hat, als aktiver Beobachter.

An Instrumenten werden alle Größen verwendet zwischen 50 mm und 500 mm Öffnung. Die nachstehende Karte mit den Beobachtungsorten unserer Arbeitsgruppe gibt einen Einblick in die territoriale Verteilung, bei der leider die Nordbezirke nicht sehr stark vertreten sind.

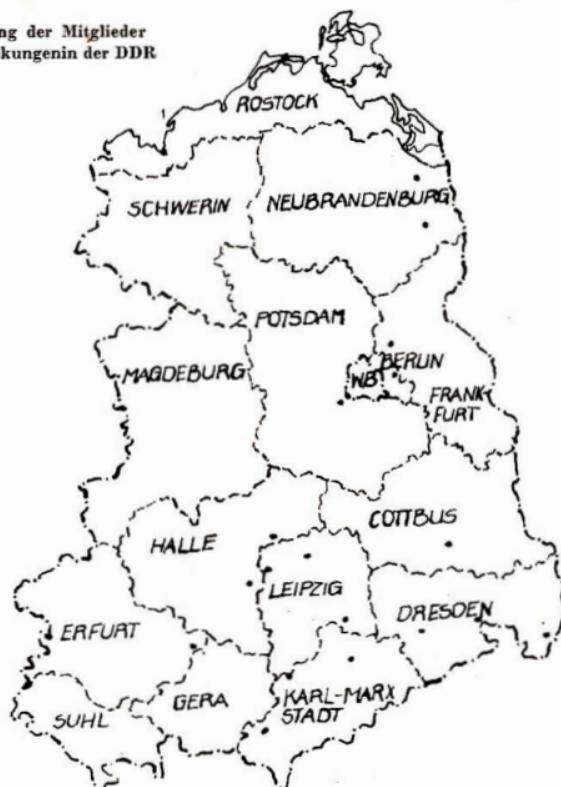
Im Interesse der Vermessung besonderer Bedeckungen, die nur in kleinen Grenzbereichen zu beobachten sind, wäre eine Verbesserung dieser Situation jedoch wünschenswert. Hinzugefügt werden soll noch, daß auch zwei Beobachter aus Ungarn an unserer Arbeit teilnehmen. Genauso erstaunlich wie eine zahlentümliche Zunahme der Beobachter ist auch die Stabilität der Mitarbeit am Programm, von der letzten Endes auch die Qualität der Messungen bestimmt wird. Auch auf diesem Wege zeichnen sich Fortschritte ab.

Die nachstehende Tabelle (s.S.107) gibt eine Übersicht über Quantität und Qualität der Resultate der ersten drei Arbeitsjahre unserer Gruppe:

Die Differenz zwischen den Spalten 2 und 3 ergibt sich hauptsächlich durch unzureichende Koordinatenangaben der Beobachter, die zur betreffenden Zeit nicht ermittelt werden konnten. Die Entscheidung über die ausreichende Qualität (Spalte 4) wird getroffen durch einen zulässigen Fehlerbetrag zwischen der durch Reduktion er-

Verkaufe Newton-Spiegel 230/2100 mm mit azimutaler Montierung, ungebraucht (Optik v. Wilke). Preis: 1600 M kompl. (o. Okulare). - Erich Eilzer, 5907 Thal, Am Scharfenberg 3

Abb. 1: Territoriale Verteilung der Mitglieder der Arbeitsgruppe Sternbedeckungen in der DDR



mittelten wirklichen und der gemeldeten Bedeckung. Dieser Grenzwert ist auf 1,50 Bogensekunden festgelegt (vgl. auch Spalte 5!). Die Abweichung gibt an, welchen Abstand der Stern vom Mondrand gehabt hätte, wenn der gemeldete Zeitpunkt zugrunde gelegt wird. Die Tabelle verwendet dabei nur die absoluten Fehlerbeiträge. Besonderen Anteil am Fortschritt in Spalte 7 haben unsere aktivsten Beobachter, von

denen an dieser Stelle Dietmar Büttner (Karl-Marx-Stadt) und W. Rothe (Berlin) besonders hervorgehoben werden sollen. Die zur Auswertung notwendigen Computerrechnungen führt das Nautical Almanac Office Greenwich durch, das bis Ende 1980 als Weltzentrale für Sternbedeckungen durch den Mond tätig war. Sämtliche in Spalte 3 enthaltenen Meßwerte wurden von unserer DDR-Zentrale (Volks- und Schul-

Tabelle 1

Jahr	Zahl der Beobachtungen erhalten	verwendbar	qualitätsgerecht	mittlere % Abweichungen bei (4)	Beteiligte Beobachter	Meßwerte je Beobachter
1	2	3	4	5	6	7
1978	38	33	26	0,524	7	5.4
1979	104	102	88	0,467 — ¹⁾	18	5.8
1980	353	353	— ¹⁾	— ¹⁾	43	8.2

¹⁾ Auswertung aus England liegt noch nicht vor

sternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg) nach Greenwich weitergeleitet. Nach einigen Monaten erhielt jeder Beobachter für seine Meßwerte die entsprechenden Residuals, mit denen er seine Meßgenauigkeit einschätzen und bei Bedarf verbessern kann. Vom Jahre 1981 an werden diese Arbeiten der internationalen Zentrale übernommen von *Astronomical Division, Hydrographic Department Chuo-ku, Tokyo (Japan)*. Grundlage der Beobachtungen und Messungen von Sternbedeckungen sind die entsprechenden Vorhersagen. Dient dem Anfänger zunächst die jeweilige Tabelle im „Kalender für Sternfreunde“ als erste Arbeitsgrundlage, so erhalten in der Folgezeit die aktiv bleibenden Mitarbeiter von der Arbeitsgruppe jährlich etwa 600 Vorhersagen, die das U. S. Naval Observatory für ausgewählte Stationen ermittelt. In unserem Falle waren das zunächst die Eilenburger Ephemeriden, die vervielfältigt und an etwa 15 Interessenten verteilt wurden. Seit 1. 1. 81 erhalten außer der Eilenburger Station auch die Beobachter von Karl-Marx-Stadt, Treptow, Berlin und Hartha über die Arbeitsgruppe die für ihren Ort genau berechneten Vorhersagen entsprechend der Leistungsfähigkeit ihrer Instrumente.

Die jährliche Erweiterung dieses Bezieherkreises ist fest geplant und berücksichtigt neben der territorialen Verteilung besonders die Aktivität der betreffenden Beobachter. Damit wird dem Beobachter eine Vorhersage in die Hand gegeben, die ausreichend viele Ereignisse mit der für ihn mit fast Sekundengenauigkeit zutreffende Beobachtungszeit enthält. Es ist anzunehmen, daß damit auch eine wesentlich anwachsende Zahl von Messungen erreicht wird.

In der Anfangszeit unserer Arbeit tauchten mehrere komplizierte Probleme auf; sie bereitete die Beschaffung genauer Ortskoordinaten (mindestens auf 1 Bogensekunde genau) mehrfach Schwierigkeiten. Dank der Aktivität einzelner Mitglieder können wir heute in der Regel diese Aufgaben lösen. Die breite Einführung der Quarzuhrnen im Alltag erleichtert die Praxis der Zeitmessungen. Über diese und andere technische Probleme werden im vorliegenden Heft weitere Anregungen gegeben.

Ein einheitliches Meldeschema erleichtert die Auswertung in unserer Zentrale; inzwischen wurden auch Meldevordrucke eingeführt. Der Informationsaustausch zwischen Zentrale, Beobachtern und Interessenten wird seit Anfang 1980 durch unsere „Sternbedeckungsnachrichten“ geregelt. Eine noch aktiveren Mitarbeit der Beobachter an der Gestaltung dieses Informationsblattes ist wünschenswert. Der Bezug erfolgt wie üblich auf der Grundlage vorbereiteter Briefumschläge über die Sternwarte Eilenburg.

Neben einer größeren Zahl von Beiträgen in „Astronomie und Raumfahrt“ (seit 1978: 14), von Mitgliedern unserer Arbeitsgruppe geschrieben, erhalten zahlreiche Sternfreunde eine individuelle Beratung und Unterstützung, meist auf schriftlichem Wege.

Nach gelegentlichen Erfahrungsaustauschen bei Tagungen der Amateurastronomen im Kulturbund der DDR konnte im Oktober 1980 in Eilenburg mit 29 Teilnehmern unser erstes zentrales Seminar stattfinden. Durch Vorträge und einen lebhaften Erfahrungsaustausch wurden nützliche Anregungen vermittelt und persönliche Kontakte geschaffen. Durch die Teilnahme unserer Partner aus der ČSSR, vertreten durch Herrn Ing. B. Malecek, Direktor der Sternwarte Valašské Meziříčí, erhielten wir Einblick in die gut entwickelte Arbeit in unserem Nachbarland.

Es ist zu erwarten, daß die seit Jahren bestehenden freundschaftlichen Beziehungen zu unseren Freunden in Valašské Meziříčí zu weiteren gegenseitigen Besuchen und gemeinsamen Unternehmen führen werden. Eine erste Kontakt- aufnahme erfolgte übrigens auch zur Arbeitsgruppe Sternbedeckungen in der VR Polen und zur Universitäts-Sternwarte Kiew.

Neben dem Arbeitsgebiet der „totalen“ Sternbedeckungen durch den Mond, auf das sich die bisherigen Ausführungen und statistischen Angaben ausschließlich beziehen, wird durch Herrn Büttner (Karl-Marx-Stadt) im Rahmen unserer Gesamtaufgabe der Bereich der streifenden Sternbedeckungen bearbeitet. Für diese besonderen Ereignisse, deren Beobachtung jeweils territorial begrenzt ist, werden an alle interessierten Amateure und Sternwarten exakte Vorausberechnungen übermittelt. Die typische Arbeitsform bei dieser Aufgabe sind kleine oder größere Expeditionen zur „Schattengrenze“ unter Verwendung transportabler Instrumente und Zeitanlagen, da ja Sternwarten nur zufällig durch eine streifende Bedeckung berührt werden.

Durch eigene Rechenmittel wird stets eine Auswahl der zu informierenden Beobachter vorgenommen, die eingehende Hinweise für den speziellen Fall erhalten.

Die erste erfolgreiche Expedition konnte am 21. 2. 80 im Bereich Eilenburg, die zweite anlässlich der Venus-Bedeckung im Raum Berlin (mit 19 Teilnehmern) am 5. 10. 80 durchgeführt werden. Dutzende Kontaktstellen wurden bei diesen Unternehmen ermittelt, die u.a. auch der Verbesserung der Kenntnisse vom Mondprofil dienten. Mehrere andere geplante Unternehmen fielen den Wolken zum Opfer. Auch die selteneren Ereignisse von Bedeckungen durch

Planeten werden in unserer Gruppe bearbeitet. Derartige Möglichkeiten werden allen Amateuren durch die „Schnellnachrichten“ des ZFA angekündigt.

So bietet sich also dem interessierten Amateur eine Reihe von Möglichkeiten zu nützlicher Beobachtungsarbeit an. Die Praxis zeigt, daß diese Aufgabe durchaus auch mit der Beobachtung auf anderen Gebieten zu vereinbaren ist, da der Zeitaufwand für die Messung von Sternbedeckungen relativ gering ist.

Doppelstern-Bedeckungen

DIETMAR BÜTTNER

Der Anteil der Doppelsterne an der Gesamtzahl der Sterne ist relativ groß, so daß nicht nur Einzel-, sondern auch Doppelsterne vom Mond oder von Planeten bedeckt werden. Da derartige Doppelstern-Bedeckungen häufig eine günstige Möglichkeit bieten, neue Doppelsterne zu entdecken oder Daten bekannter, enger Doppelsterne zu verbessern, wobei der Amateurastronom durchaus einen wertvollen Beitrag leisten kann, gebe ich nachfolgend einen Überblick zu diesem Spezialgebiet der Sternbedeckungsarbeit.

Wenn bei einer Sternbedeckung die Helligkeitsab- oder -zunahme in deutlich getrennten Stufen zu beobachten ist, so ist das immer ein sicheres Anzeichen dafür, daß der bedeckte Stern ein Doppelstern ist. Ist die Distanz der Komponenten zu gering, ermöglicht die visuelle Beobachtung keine Trennung der einzelnen Bedeckungen mehr. Es kommt zu einer Verschmelzung der Beugungsscheinungen des Lichtes beider Sterne am Mondrand. In diesem Falle ist eine allmähliche Helligkeitsänderung des Sternlichtes zu sehen. Eine solche allmähliche Helligkeitsab- oder -zunahme tritt aber auch häufig bei Einzesternen durch Beugungsscheinungen des Sternlichtes um Mondrand auf. Dieser Effekt ist typisch für streifende oder nahezu streifende Sternbedeckungen, da bei diesen der Stern eine wesentlich längere Zeit sehr dicht am Mondrand steht als es bei zentralen Bedeckungen der Fall ist.

Ist bei einer totalen Bedeckung der Winkel zwischen der Bewegungsrichtung des Mondes und der Richtung zum Stern, vom Mittelpunkt der Mondscheibe aus gesehen (Kontaktwinkel) kleiner als 50° , so ist eine allmähliche Helligkeitsänderung durch einen Doppelstern wahrscheinlicher als durch Beugungseffekte, während bei Kontaktwinkeln größer als 50° das Umgekehrte zutrifft. (Bei zentralen Bedeckungen ist der Kontaktwinkel 0° , bei streifenden Bedeckungen 90° .)

Ausschlaggebend für die Zeitspanne zwischen den beiden einzelnen Bedeckungen sind die Distanz und der Positionswinkel der Komponenten zueinander sowie die Bewegungsgeschwindigkeit des Mondrandes relativ zum Stern. Die Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Sterns ist umso kleiner, je geringer der Abstand von den Mondpolen ist, d. h., je größer der Kontaktwinkel ist. Für die Beobachtung von Doppelstern-Bedeckungen sind daher streifende Sternbedeckungen besonders günstig, da bei ihnen der Mondrand in gleicher Zeit kleinere Distanzen als bei zentralen Bedeckungen zurücklegt bzw. für gleiche Distanzen längere Zeit benötigt, was einer Vergrößerung des zeitlichen Abstandes zwischen den einzelnen Bedeckungen entspricht.

Experimentell wurde ermittelt, daß bei einer visuellen Beobachtung zwei Ereignisse, die zeitlich weniger als $0,2\text{ s}$ voneinander entfernt sind, nicht mehr getrennt gesehen werden können. Bei einer mittleren Bewegungsgeschwindigkeit des Mondes von $0.55''/\text{s}$ bedeutet das, daß die zentrale Bedeckung eines Sterns, dessen Komponenten eine Distanz kleiner als $0.1'$ haben, für einen Beobachter am Fernrohr als allmähliches oder schlagartiges Ereignis eintritt. Bei streifenden Sternbedeckungen kann wegen des oben beschriebenen Effekts der Zeitdehnung auf visuellem Wege die Auflösung eines Doppelsternes bis etwa $0.01'$ erreicht werden. Für photoelektrische Beobachtungen liegt die Grenze zur Zeit etwa bei $0.001'$.

Im Falle einer streifenden Sternbedeckung kann außerdem die Situation eintreten, daß nur eine Komponente bedeckt wird, der Doppelstern also nicht vollständig hinter dem Mondrand verschwindet.

Beobachtungen von Doppelstern-Bedeckungen sollten noch im laufenden Monat an unsere Zentrale weitergeleitet werden, damit man möglichst viele Beobachter auf einen interessanten Doppelstern aufmerksam machen und somit viele Beobachtungen sichern kann. Durch die Bewegung der Mondbahn (Knotenumlauf) bestehen für die Bedeckung eines Sterns nur einige Monate lang günstige Beobachtungsbedingungen, während dann etwa 18 Jahre überhaupt keine Bedeckung des Sterns beobachtbar ist.

Hat man eine Doppelsternbedeckung beobachtet oder man nimmt an, einen neuen Doppelstern entdeckt zu haben, so sollte die weiterzuleitende Meldung folgende Angaben enthalten:

- Datum
- Beobachtungszeit in UT
- Positionswinkel der Bedeckung (aus Vorhersage oder nach eigener Schätzung)
- Stern-Nummer (ZC, SAO oder USNO-Nr.)

- geschätzte Zeitdauer zwischen den Stufen bzw. Vermerk „allmählich“ mit eventueller Angabe der geschätzten Dauer der allmählichen Phase
- geschätzte Helligkeit der zweiten Stufe entweder zur ersten Komponente oder zum Gesamtlicht
- möglichst Hörnerwinkel der Bedeckung (CA aus Vorhersage vom USNO entnehmen); dieser Winkel gibt eine bessere Vorstellung von der Richtung des Sterns relativ zur Mondbewegung als der Positionswinkel
- Mondhöhe über Horizont, da scheinbare Mondbewegung in geringer Höhe schneller als in großer Höhe ist

Aus dem Hörnerwinkel (CA) und der Mondhöhe (AL MN) kann die Bewegungsgeschwindigkeit des Mondes in Bedeckungsrichtung abgeschätzt werden. Aus dieser Geschwindigkeit und der geschätzten Zeitdauer lässt sich die Winkeldistanz in Bogensekunden berechnen.

Es ist zu beachten, daß eine Beobachtung nur die Distanz in Richtung des Positionswinkels der betreffenden Bedeckung liefert. Um die wahre Winkeldistanz und den tatsächlichen Positionswinkel des Doppelsterns zu erhalten, muß man die Beobachtung mindestens zweier Bedeckungen des Sterns kombinieren, die sich unter verschiedenen Positionswinkeln ereignet haben.

In den USNO-Vorhersagen totaler Sternbedeckungen sind Doppelsterne durch einen Buchstabencode gekennzeichnet. Bei der Vorbereitung von Sternbedeckungsbeobachtungen sollte man stets darauf achten, ob der Stern als Doppelstern gekennzeichnet ist und wenn ja, um was für einen Doppelstern es sich handelt.

Darüber hinaus sind natürlich auch Bedeckungen bisher unbekannter Doppelsterne möglich, weswegen man eine Sternbedeckung auch in dieser Hinsicht sehr aufmerksam beobachten sollte.

Sternbedeckungen durch Planeten

DIETMAR BÜTTNER

Einfüllt möchte ich kurz die Begriffe „Sternbedeckung“ und „Planetenbedeckung“ klarstellen, da sie häufig falsch verwendet werden. Eine Sternbedeckung ereignet sich dann, wenn ein Körper des Sonnensystems (Mond, Planet, Planetoid oder Planetenmond) in die Sichtlinie von einem irdischen Beobachter zu einem Stern eintritt, so daß der Stern für den Beobachter einige Zeit lang unsichtbar wird. Bei einer Planetenbedeckung dagegen wird ein Planet vom Mond zeitweise für ein bestimmtes Gebiet auf der Erde verdeckt. Ausschlaggebend dafür, um welche Art Bedeckung es sich handelt, ist also das Objekt, das verdeckt wird, nicht aber das bedeckende.

Häufigkeit

Sternbedeckungen durch Planeten ereignen sich viel seltener als Sternbedeckungen durch den Mond. Hierfür gibt es zwei Gründe: Zum einen ist der scheinbare Durchmesser der Planeten bedeutend kleiner als der des Mondes, damit nehmen die Planeten aber auch eine viel kleinere Fläche am Himmel ein. Zum anderen ist die scheinbare Bewegung der Planeten gegenüber den Fixsternen wesentlich langsamer als die des Mondes (zahlenmäßig erfassbar in einer längeren siderischen Umlaufzeit). Beide Tatsachen führen dazu, daß ein Planet eine viel kleinere Fläche am Himmel überstreicht als der Mond in der gleichen Zeit. Da die Dichte der Sterne am Himmel (z. B. Sterne pro Quadratgrad) nicht vom bedeckenden Objekt (wohl aber von der Himmelsgegend) abhängt, ist für die Häufigkeit der Bedeckungen nur die überstrichene Fläche pro Zeiteinheit ausschlaggebend; die Anzahl der Bedeckungen in einem bestimmten Zeitraum ist dieser Fläche proportional. Ausführliche Untersuchungen hierzu sind im „Kalender für Sternfreunde 1962“, S. 160, zu finden.

Sichtbarkeit

Wenn ein Planet in die Verbindungsgeraden Erde—Stern eintritt, ist diese Bedeckung des Sterns nicht auf der gesamten Erde zu beobachten, sondern nur in einem bestimmten Gebiet. Dieses Gebiet muß natürlich auf der Erdhalbkugel liegen, die dem jeweiligen Stern zugewandt ist. Allerdings umfaßt das Sichtbarkeitsgebiet auch nicht diese gesamte Halbkugel. Durch die Bewegungen des Planeten und der Erde entsteht aus dem auf die Erdoberfläche projizierten Schatten, den der Planet in das Sternlicht wirft, ein Streifen, dessen Breite vom Planetendurchmesser abhängt. In diesem Streifen ist theoretisch eine Bedeckung des Sterns zu sehen.

Praktisch kann eine Bedeckung aber nur dann beobachtet werden, wenn sich der Stern über dem Horizont befindet und der Beobachtungsort auf der Nachtseite der Erde liegt. Selbst wenn sich für einen Ort eine Sternbedeckung durch einen Planeten ereignet, muß diese nicht unbedingt visuell zu sehen sein. Ausschlaggebend für die Beobachtbarkeit ist nämlich die Helligkeitsänderung des Systems Stern-Planet bei der Bedeckung. Stehen Stern und Planet kurz vor bzw. nach der Bedeckung dicht beieinander, so kann man die kominierte Helligkeit beider wie die eines Doppelsterns berechnen. Während der Bedeckung ist nur das Licht des Planeten zu sehen, das System erscheint also lichtschwächer. Ist der Helligkeitsunterschied zwischen diesen beiden Zuständen größer als etwa 2^m0, kann die Bedeckung visuell beobachtet

werden, andernfalls liefern nur photoelektrische Beobachtungen zuverlässige Ergebnisse.

Bedeckungen durch große Planeten sind in vielen Fällen visuell nicht so einfach zu beobachten und nicht so eindrucksvoll, wie man vielleicht anzunehmen geneigt ist, weil beim Verschwinden bzw. Wiedererscheinen des meist lichtschwächeren Sterns die Gesamthelligkeit des Systems nur unmerklich absinkt bzw. zunimmt. Wesentlich günstiger ist die Situation bei Sternbedeckungen durch Planetoiden, da diese bis auf wenige Ausnahmen sehr lichtschwach sind, so daß man auch Bedeckungen schwächerer Sterne relativ einfach beobachten kann.

Vorhersagen

Vorhersagen für Sternbedeckungen durch Planeten werden hauptsächlich am H. M. Nautical Almanac Office (HMNAO) und am U. S. Naval Observatory (USNO) sowie von der International Occultation Timing Association (IOTA) berechnet. Dabei koordiniert die IAU-Arbeitsgruppe Nr. 20 (Working Group on Predictions of Occultations by Satellites and Minor Planets), deren Leiter G. E. Taylor vom HMNAO ist, die Arbeiten.

Die Suche nach Sternbedeckungen durch Planeten geschieht prinzipiell so, daß mit Hilfe eines Computers die Ephemeriden eines interessierenden Planeten mit geeigneten Sternkatalogen verglichen werden. Wenn eine interessante Konjunktion Stern—Planet gefunden ist, werden detaillierte Voraussagen berechnet. Dabei bedient man sich, wie auch bei Bedeckungen durch den Mond, der Besselschen Finsternisgeometrie.

Für Bedeckungen durch große Planeten werden in der Regel die Voraussagen für eine Anzahl von Städten und Observatorien berechnet. Bei Bedeckungen durch Planetoiden dagegen gibt man meistens die nördlichen und südlichen Grenzkurven an, durch die die Sichtbarkeitszone begrenzt wird. Unter Umständen wird hier auch die Zentrallinie (Mittellinie der Sichtbarkeitszone) angegeben.

Im Gegensatz zu Sternbedeckungen durch den Mond sind die Voraussagen für Bedeckungen durch Planeten meist mit größeren Unsicherheiten behaftet. Das liegt erstens an den Ungenauigkeiten in den Planetenephemeriden, die bei Planetoiden besonders groß sein können, und zweitens an ungenügend genau bekannten Sternpositionen. So kann eine fehlerhafte Stern- oder Planetenposition in Deklination das Sichtbarkeitsgebiet um viele Hundert Kilometer nach Norden oder Süden verschieben. Sind Rektaszension von Stern und Planet nicht exakt genug, kann eine größere Differenz zwischen

vorhergesagter und tatsächlicher Bedeckungszeit eintreten. Dieser Effekt spielt eine besonders große Rolle bei der langsamen Bewegung der äußeren Planeten.

Aus diesen Gründen haben langfristige Vorhersagen meist nur einen vorläufigen Charakter. Genaue Voraussagen werden möglich, wenn man einige Tage oder Wochen vor der Bedeckung beide Objekte (Stern und Planet) auf die gleiche Platte aufnehmen kann, weil dann systematische Fehler auf beide Objekte etwa gleich wirken und somit keinen oder nur einen geringen Einfluß haben. Aber auch Aufnahmen beider Objekte auf verschiedene Platten sind oft wertvoll, wenn sie kurz vor der Bedeckung möglich sind. Aus derart aktuellen Beobachtungen kann man eine verbesserte Vorhersage berechnen. Diese sogenannten 'last minute predictions' (engl.: Vorhersagen in letzter Minute) bringen in vielen Fällen signifikante Verschiebungen des Sichtbarkeitsgebietes und der Bedeckungszeit.

Wissenschaftliche Bedeutung

Aus Beobachtungen von Sternbedeckungen durch Planeten lassen sich vor allem Daten über den bedeckenden Körper ableiten. Dabei spielen vier wichtige Aufgaben eine Rolle:

Erstens liefern Sternbedeckungen durch Planeten in Verbindung mit der Bedeckungszeit extrem genaue Planetenpositionen. Da die Sternpositionen meist hinreichend genau bekannt sind bzw. auf Platten vermessen werden können (was bei den flächenhaften Planeten weit schwieriger ist), kann man anhand einer Sternbedeckungsbeobachtung die Ephemeriden des betreffenden Planeten überprüfen und gegebenenfalls verbessern. Zweitens lassen sich aus Beobachtungen von Sternbedeckungen durch Planeten Rückschlüsse auf Abmessungen und Form des bedeckenden Planeten ziehen. Liegen mindestens zwei Beobachtungen vor (z. B. Ein- und Austritt), so läßt sich für einen kugelförmigen Planeten evtl. dessen Durchmesser verbessern. Wenn der Planet eine andere Form hat (z. B. Ellipsoid), sind zur Bestimmung dieser Form und der Abmessungen mehr als zwei Beobachtungen erforderlich. In jedem Falle ist es günstig, möglichst viele Beobachtungsresultate zu kombinieren, um Verfälschungen durch zufällige Beobachtungs- oder sonstige Fehler kleiner zu halten.

Drittens lassen Sternbedeckungen durch Planeten Rückschlüsse auf eine eventuelle Atmosphäre des jeweiligen Planeten zu. Die Änderung der Sternhelligkeit und des Spektrums bei der Durchleuchtung der Planetenatmosphäre läßt Aussagen über Höhe, Dichtefunktion und Zusammensetzung der Atmosphäre zu. Was die

Gewinnung von Informationen über den bedekkenden Körper betrifft, ist in letzter Zeit ein vierter Aspekt von Interesse – die Entdeckung eventuell existenter Planetoidenmonde. Sind derartige Monde tatsächlich vorhanden, so umlaufen sie ihren Mutter-Planeten, wohl in den meisten Fällen in einem derart geringen Abstand, daß sie mit anderen Methoden der erdgebundenen Beobachtung nicht von diesem getrennt gesehen werden können.

Weiterhin liefern Beobachtungen derartiger Bedeckungen unter Umständen auch Informationen über den bedekkten Stern. Neben der eventuellen Verbesserung der Sternpositionen spielt vor allem die Entdeckung enger Doppelsterne bzw. die Präzisierung von Doppelsterndaten eine große Rolle. Schließlich lassen sich anhand photoelektrischer Beobachtungen aus der Dauer der Helligkeitsänderung des Sternlichtes Rückschlüsse auf den Sterndurchmesser ziehen. Für die beiden letztgenannten Aufgaben gelten im Prinzip die gleichen Zusammenhänge wie bei den Sternbedeckungen durch den Mond. Will man die seltene Gelegenheit einer Sternbedeckung durch einen Planeten optimal zur Erweiterung unseres Wissens über das Weltall nutzen, ist es erforderlich, eine derartige Bedeckung *astrometrisch, photometrisch und spektrographisch* zu beobachten.

Das heißt, man muß

- die Zeitpunkte für Ein- und Austritt sowie eventueller weiterer kurzzeitiger Bedeckungen messen,
- die Helligkeitskurve des Sternlichtes während der Bedeckung aufzeichnen und
- die Änderung des Spektrums des Sternlichtes während der Bedeckung registrieren.

Der wissenschaftliche Wert von Sternbedeckungen durch Planeten wächst durch die Seltenheit dieser Ereignisse.

Einige spektakuläre Beobachtungsergebnisse

Während der letzten Jahre konnten wir durch die Beobachtung von Sternbedeckungen durch Planeten unser Wissen über einige Objekte des Sonnensystems wesentlich erweitern und bis dahin unbekannte Objekte entdecken. Die spektakulärsten Ergebnisse dürften dabei wohl die Entdeckung der Uranusringe sowie die Entdeckung eines Planetoidenmondes sein. Während über die Bedeckung durch Uranus bereits im „Kalender für Sternfreunde 1979“, S. 127ff, berichtet wurde, möchte ich an dieser Stelle einige Details zur Entdeckung des Herculina-Mondes bringen.

Eine Bedeckung des Sterns SAO 120 774 durch

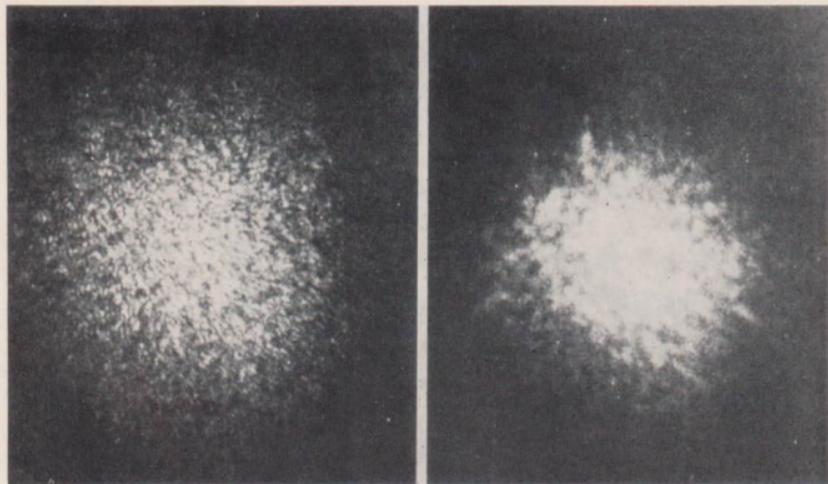
den Planetoiden 532 Herculina war 1978 Juni 7 u. a. vom Südwesten der USA aus zu beobachten. Der USA-Amateurastronom James McMahon, der die Bedeckung unter günstigen Bedingungen beobachten konnte, bemerkte 97 s vor der eigentlichen Bedeckung durch Herculina einen 4.0 s dauernden Helligkeitsabfall des Sternlichtes. Auf diese Wahrnehmung hin untersuchte man die am Lowell-Observatorium gewonnene photoelektrische Aufzeichnung der Bedeckung und fand, daß für dieses Observatorium zur entsprechenden Zeit ebenfalls die Sternhelligkeit für 5.3 s abgesunken war. Somit war es erstmals in der Geschichte der Sternbedeckungsbeobachtungen möglich, eine visuell beobachtete Bedeckung, die nicht durch einen Planeten selbst verursacht wurde, auf photoelektrischem Wege zu bestätigen. Diese Bestätigung läßt mit großer Sicherheit die Erklärung zu, daß ein Herculina-Mond für die kurzzeitige Bedeckung verantwortlich ist. Dieser Satellit hat einen Durchmesser von etwa 50 km und umläuft Herculina innerhalb von 60 ± 30 h in einem Abstand von 990 km. Seine Helligkeit ist ca. um 3 m geringer als die von Herculina, die zur-Bedeckungszeit bei 9 m 3 lag.

Beobachtung

Während Bedeckungen durch große Planeten häufig von mehreren Kontinenten aus sichtbar sind, hat wegen der geringen Durchmesser der Planetoiden der Bereich, in dem eine Bedeckung durch einen Kleinen Planeten zu sehen ist, eine Breite von nur wenigen Kilometern. Da in einer solchen schmalen Zone oft keine größere Sternwarte liegt, kommt der Beobachtung mit transportablen kleinen Geräten sowie der Mitarbeit durch den Amateurastronomen eine große Bedeutung zu.

Auf jeden Fall sollten im Sichtbarkeitsbereich einer Bedeckung möglichst viele Beobachter aktiviert werden, um eine große Anzahl von Beobachtungen zu sichern. Unter Umständen lohnt es sich, in das vorausberechnete Sichtbarkeitsgebiet einer interessanten Bedeckung zu reisen, vorausgesetzt, daß eine zuverlässige Vorhersage existiert. In diesem Zusammenhang möchte ich auf den großen Wert des fliegenden Observatoriums „Gerard P. Kuiper“ (Kuiper Airborn Observatory – KAO) für derartige Aufgaben hinweisen.

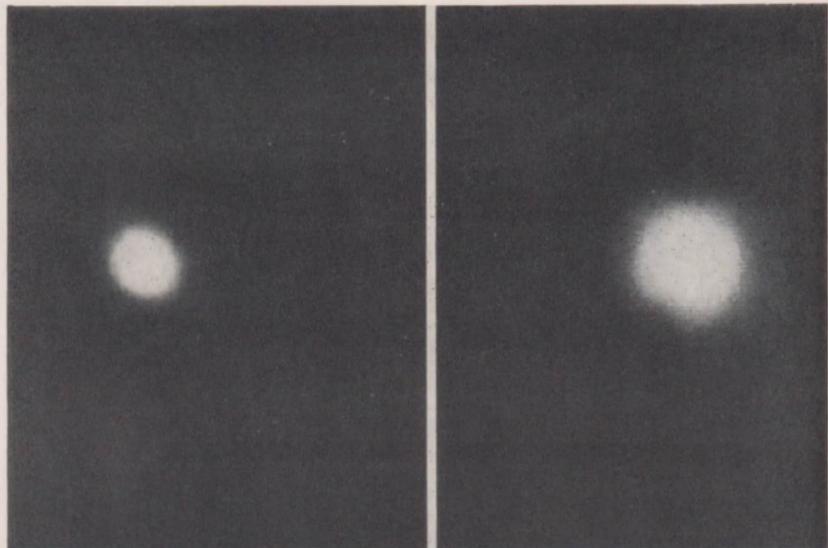
Jedoch ist auch die Beobachtung von Orten außerhalb der vorhergesagten Sichtbarkeitszone wertvoll, weil erstens jede Voraussage mit Unsicherheiten behaftet ist, weil man zweitens aus eventuell erhaltenen negativen Resultaten (keine Bedeckung beobachtet) einen Maximalwert für



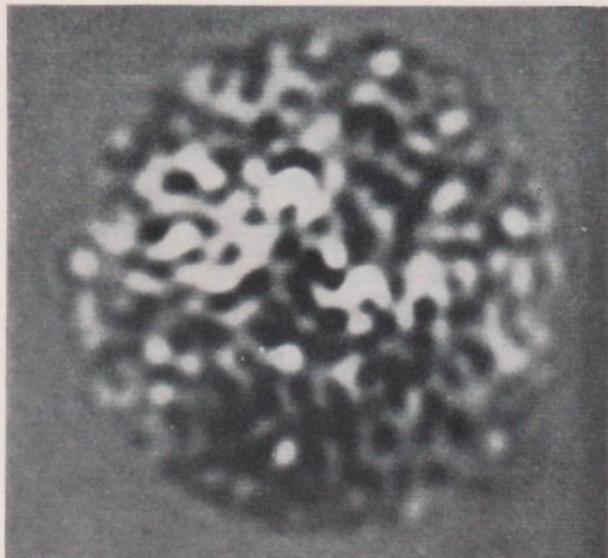
Zum Beitrag S. 102: Methoden zur Bestimmung von Sterndurchmessern.

Bild 3 a—b: Speckle-Bilder von
a) γ Orionis, b) α Orionis.

Bild 4 a—b: Aus Speckle-Bildern rekonstruierte
Sternscheiben von a) γ Orionis, b) α Orionis



— .05" —



Zum Beitrag S. 113:



Die Zeitbasis der Sternwarte Valašské Meziříčí
Oben links die „TKH 1“-Uhr. Daneben ein
Oszilloskop und ein Generator der Zeitbasis –
beide dienen zum Vergleich der „TKH 1“-
Uhr mit wissenschaftlichen Zeitsignalen bis
auf eine zehntausendstel Sekunde. Unten
Stereomagnetophon B 100, ganz unten ein
Stromstabilisator und eine Hochspannungs-
quelle.

Alle Aufnahmen B. Malaček

Ein photoelektrisches Photometer der Stern-
warte in Valašské Meziříčí für Sternbedeck-
kungsbeobachtungen eingerichtet.

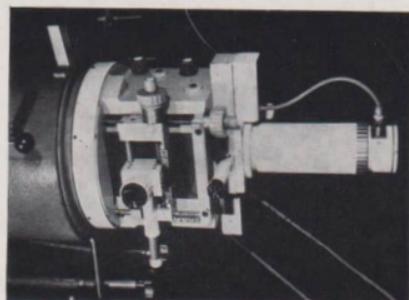


Bild 5: Rekonstruierte
Chromosphäre von α
Orionis mit fleckigen
Strukturen.

Bild 3 aus Sky and Telescope
49 (1975), S. 165.
Bilder 4 und 5 aus The Astro-
physical Journal, 207 (1976).

Äquidensitendarstellung des Orionnebels

A + R veröffentlicht trotz gewisser technischer Unzulänglichkeiten das Versuchsergebnis einer Äquidensitendarstellung unseres Lesers A. Wohlfahrt aus Rostock, um diese interessante Technik anderen Amateuren in Erinnerung zu bringen. Äquidensiten sind Linien gleicher Leuchtstärke im Original und gleicher Schwärzung auf dem photographischen Negativ. Die Technik der Äquidensitometrie ist ausführlich in [1] [2] beschrieben.

Als Kopiermaterial wurde ORWO FU 5 verwendet. Die ersten, mit unterschiedlichen Belichtungszeiten hergestellten Kontaktkopien zeigen die Äquidensiten der ersten Ordnung. Erneutes Umkopieren, diesmal der Kopien, liefert Äquidensiten zweiter Ordnung. Zwei (wie im vorliegenden Beispiel) oder besser mehrere Filmblättchen mit Äquidensiten zweiter Or-

nung müssen nun auf ein Positiv vergrößert kopiert werden. Marken auf dem Originalnegativ, die jedesmal mitkopiert werden, erleichern den Zusammenbau des Negativpakets, das in den Vergrößerungsapparat eingelegt, mit kleinerer Objektivblende kopiert wird. A. Wohlfahrt kopierte die Negative einzeln und hatte dabei Schwierigkeiten. Auch wedelte er einige Einzelsterne im zentralen Teil des Nebels ab.

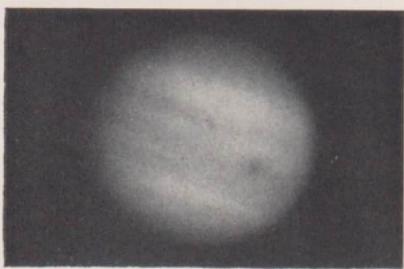
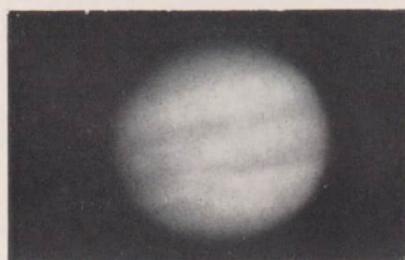
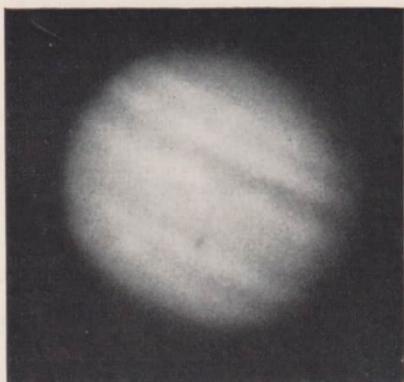
Literatur:

- [1] Richter, N./W. Högner; Die Sterne 40 (1964), Heft 1/2. - [2] Krug, W./H. G. Weide: Wissenschaftliche Photographie in der Anwendung. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.-G., Leipzig 1972.

Abb. 1 (links): Großer Nebel im Orion (M 42). Aufnahme mit Spiegelobjektiv 5,6/1000 von Carl Zeiss Jena, Astronomische Station Rostock.

Abb. 2: Äquidensitendarstellung des M 42 (s. Text).





Ich stelle vor:

Meine Fotos von Jupiter und Saturn

Für die hier in Auswahl veröffentlichten Aufnahmen benutzte ich das 150/2250 mm Meniscas-Cassegrain-Teleskop der Komarow-Oberschule Magdeburg in Verbindung mit meiner Praktica FX 2 und einem Okular 6-0 sowie mit Zwischenringen, so daß das Projektionsbild von Jupiter etwa 6 mm Durchmesser hatte. Ich stellte Versuche mit NP 15, NP 27, DK 5 und NC 19 als Filmmaterial an. Wegen der starken Vergrößerung durch das Okular ergaben sich lange Belichtungszeiten (20 s und länger) bei Jupiter. Bei den Saturnaufnahmen waren die benutzten Filme wegen Nachführungenauigkeiten bei langer Belichtung schon ungeeignet. Zudem braucht man bei Saturnaufnahmen unbedingt Luftruhe.

Die besten Ergebnisse lieferte der NP 27-Film; bei guten Luftverhältnissen ließ sich auch NP 15 mit Erfolg verwenden. Die s/w-Filme entwickelte ich in ORWO-Feinstkornentwickler. Die Aufnahmedaten für Jupiter (von oben nach unten):

1976 X 9,	23.51 MEZ	NP 15	Bel.-Zeit	20 s
1979 IV 13,	20.30	NP 27		3 s
1979 IV 13,	20.40	NP 27		3 s
1979 I 15,	22.08	NC 19*		23 s
Saturn				
1977 II 24,	22.45	NP 27		23 s

* s/w-Vergrößerung von Farbnegativ, wodurch die Kontraste besser deutlich werden als auf Farbvergrößerungspapier in der handelsüblichen Gradation „normal“.

BERND HÜBEL

den Planetendurchmesser ableiten kann und drittens Bedeckungen durch eventuelle Planetenmonde auch weitab von der Zentrallinie der Bedeckung durch den Planeten selbst zu sehen sein können. Neuerdings wird sogar empfohlen, aus dem letztgenannten Grund, eine Sternbedeckung durch einen Planeten von allen Orten aus zu beobachten, für die der Planet zur Bedeckungszeit am Nachthimmel steht.

Einige Hinweise zur Vorbereitung und unmittelbaren Durchführung der Beobachtungen:

Man versuche, bei Zeitmessungen eine Genauigkeit von 0,1 s zu erreichen, wobei sich die gleichen Methoden wie bei streifenden Sternbedeckungen eignen (z. B. Magnetbandmethode). Die Beobachter sollten möglichst über die gesamte Breite der Sichtbarkeitszone rechthwinklig zur Zentrallinie angeordnet werden. Besonders zu empfehlen ist, daß sich je zwei Beobachter im Abstand von 1–2 km postieren. Das dient dazu, Wahrnehmungen gegenseitig zu bestätigen oder als Täuschungen (z. B. durch atmosphärische Einflüsse) zurückzuweisen. Der Abstand von 1–2 km sichert einerseits die Unabhängigkeit der Stationen, ist andererseits aber auch nicht zu groß, wenn es um Bedeckungen durch sehr kleine Objekte (Planetoidenmonde) geht.

Der Beobachter mache sich schon Tage vor der Bedeckung mit der Umgebung des interessierenden Sterns vertraut. Den Voraussagen sind zu diesem Zweck meistens Umgebungskarten beigelegt. Man muß aber beachten, daß die Anwesenheit des bedeckenden Planeten das Aussehen der Umgebung verändert! Schließlich ist ratsam, die Beobachtungen zeitig genug zu beginnen, da durch unvorhersehbare Schwierigkeiten u. U. Zeit verlorenginge. Die Phase, in der man den Stern mit voller Konzentration beobachtet, sollte etwa 5 min vor dem vorausgesagten Bedeckungszeitpunkt beginnen und etwa 5 min danach enden. Unterbrechungen der Beobachtung sind gegebenenfalls im Beobachtungsbericht mit ihrem Grund anzugeben (Wolken, Neujustierung des Fernrohrs o. a.).

Während der ca. zehn Minuten dauernden konzentrierten Beobachtung sollte man auf eventuelle kurzzeitige Helligkeitsabfälle achten, die durch Planetenmonde verursacht sein können. Besondere Aufmerksamkeit sollte man darauf legen, ob die Helligkeitsänderungen schlagartig, allmählich oder stufenweise erfolgen. Ein stufenartiger Verlauf der Lichtkurve würde darauf hindeuten, daß der bedeckte Stern ein Doppelstern ist. Ein allmählicher Ein- oder Austritt kann einerseits durch eine streifende oder nahezu streifende Bedeckung durch den Planeten verursacht werden, kann aber andererseits atmosphärischen Ursprungs sein.

Sternbedeckungen in der ČSSR

BOHUMIL MALEČEK

Die Beobachtungen von Sternbedeckungen haben in der ČSSR eine gute Tradition. Sie wurden früher in astronomischen Instituten und nur in einzelnen Fällen auch von Amateurastronomen durchgeführt. Das größte Hindernis war damals die Erfassung der genauen Zeit. Zu den Beobachtungen brauchte man astronomische Uhren. Das war für Amateure schwer erreichbar. Auch das regelmäßige Vergleichen solch astronomischer Uhren mit den begrenzten Zeitsignalen machte Schwierigkeiten. So war es vor etwa 20 bis 30 Jahren. Noch nach dem zweiten Weltkrieg mußte man die genaue Zeit mühselig vergleichen und feststellen. Aber seit den sechziger Jahren lehnen sich die Beobachtungen der Sternbedeckungen an einige ununterbrochene Zeitsignale mit Sekundenimpulsen an. Die Amateurastronomen erhielten verschiedene Transistor-Empfänger; damit kann man diese wissenschaftlichen Zeitsignale auffangen. Das war eine gute Anregung für systematische Sternbedeckungsbeobachtungen.

Die rasche Entwicklung der Astronomie und der Sternwarten in der ČSSR nach dem 2. Weltkrieg hat die Entstehung einiger staatlicher Fachaufgaben, die den größeren, gut ausgerüsteten Sternwarten mit entsprechend ausgebildeten Mitarbeitern zugeteilt wurden, ermöglicht. Einige dieserganzstaatlichen Fachaufgaben haben durch besonders gute Arbeit den Charakter von Forschungs- oder Wissenschaftsaufgaben erhalten. Eine der Fachaufgaben ist die „ganzstaatliche Forschungsaufgabe... der Sternbedeckungen durch den Mond, der Finsternisse und des Zeitdienstes“. Diese wurde der Sternwarte in Valašské Meziříčí nach der guten Ausstattung, Personalbesetzung und den damaligen Beobachtungsergebnissen zugeteilt.

Die ersten Schritte der Sternwarte in Valašské Meziříčí führten zum Aufbau eines großen Netzes in der ČSSR. Es wurden ein langjähriger Perspektivplan aufgestellt und ein unregelmäßiges Bulletin sowie Beobachtungsanweisungen und Beobachtungsprotokolle herausgegeben. Fast alle Sternwarten, astronomische Zirkel und Amateurastronomen, die sich zu Sternbedeckungsbeobachtungen meldeten, brauchten am Anfang dieser Tätigkeit genaue astronomische Uhren, die Zeitsignalempfänger und andere Instrumente. Als Chronographen wurden alte Morse-Telegraphen-Instrumente adaptiert. Die Genauigkeit dieser Instrumente erreicht min-

destens 0,1 s. Bald aber kamen die ununterbrochenen wissenschaftlichen Sekundensignale in regelmäßigen Betrieb, die die astronomischen Uhren ersetzen und die Arbeit mit früheren rhythmischen Zeitsignalen abschafften. Das alles war ein guter Grund für die Schaffung eines weitverzweigten Beobachtungsnetzes in Europa. Zur Zeit arbeiten auf dem Gebiet der ČSSR etwa 40 Sternbedeckungsbeobachtungsstationen. Grund- und Methodische Station ist die Sternwarte in Valašské Meziříčí. Sie hat im Gesamtnett die Stations- und Adressen-Kode-Nr. 113. Die Sternwarte bereitet die Beobachtungsprogramme vor, sammelt und verarbeitet vorläufig die Sternbedeckungsbeobachtungen aus der ganzen ČSSR. Alles ist im „Bulletin zakrytý a zatmění“ veröffentlicht („Bulletin für Sternbedeckungen und Finsternisse“ – bisher 84 Nummern in tschechischer oder englischer Sprache). Die Vorhersagen der Sternbedeckungen wurden jährlich für hellere Sterne im astronomischen Jahrbuch „Hvězdářskáročenka“ veröffentlicht und für systematisch arbeitende Stationen vom U. S. Naval Observatory erarbeitet. Die Zeitbasis bilden zwei tschechoslowakische wissenschaftliche Sekundenzsignale OLB 5 (3,17 MHz) und OMA 50 (50 kHz). Zur Registration der Zeit der Sternbedeckungen sind verschiedene Methoden verwendet worden. Die verbreitetste Methode ist die Methode „Zeitsignal-Stoppuhr“, bei der die Stoppuhr im Augenblick der Sternbedeckung ausgelöst und so schnell wie möglich zu Beginn der fünften kurzen Zeitmarke nach der ganzen Minute gestoppt wird. Die Anzeige der Stoppuhr wird vom Stand der Hauptuhr zur Stoppzeit abgezogen. So erhält man die Zeit der Sternbedeckung. Einige Beobachtungsstationen arbeiten mit verschiedenen Chronographen, wie z. B. Gravier-, Präge-, Druck-Chronographen u. a. Einige Stationen haben zum Beispiel auch elektronische Stoppuhren, sie sind durch Funkzeitsignale oder Quarzuhren gesteuert. Die Zeit der Sternbedeckung wird dabei direkt an der Digitalanzeige abgelesen.

Alle diese Methoden enthalten den persönlichen Fehler, den man nicht genau ermitteln kann. Es ist aber möglich, den Fehler durch verschiedene Methoden ungefähr festzustellen. Der Fehler liegt bei guten Beobachtern zwischen 0,2 bis 0,3 s. Auf der Sternwarte in Valašské Meziříčí wurde in den letzten zehn Jahren eine ganz präzise Methode für Sternbedeckungsbeobachtungen entwickelt. Es handelt sich um eine photoelektrische Methode, also von persönlichen Fehlern unabhängige Beobachtungen. Diese Methode gründet sich auf das Prinzip der Umsetzung des Sternlichtes in einen elektrischen Gleich-

strom durch einen Photoelektronenvervielfacher. Das Lichtsignal des Sternes wird etwa einmillionenmal verstärkt und muß noch in Wechselstrom umgewandelt werden. So kann man dieses Signal auf eine Spur des Magnetbandes des Stereomagnetophons aufnehmen. Auf der zweiten Spur wird die Zeitbasis aus der Quarzuhr „TKH 1“ aufgenommen. Zu Beginn der ersten photoelektrischen Beobachtungen (1975) wurde die Zeitbasis 100 Hz für die Möglichkeit der Magnetophonaufnahme mittels eines Elektrokardiographen verarbeitet. Seit 1980 bildet die Zeitbasis ein Signal von 1 kHz, weil die Verarbeitung durch ein Speicheroszilloskop stattfindet. Die Sekundenmarken sind 100 ms lang und erscheinen verstärkt. Die „TKH 1“-Uhr wird mit dem wissenschaftlichen Zeitsignal OLB 5 verglichen und die Zeitkorrektion festgestellt. Alles verläuft mit einer Genauigkeit, die etwa 0,0001 s beträgt. Die Korrekturen der „TKH 1“-Uhren sind sehr stabil. Persönliche Fehler gehen bei dieser Methode nicht ein. Die Instrumentenfehler sind weit unter 0,1 ms. Für die absoluten Zeitmessungen ist die Ausbreitung der Zeitsignale durch die Erdatmosphäre ein begrenzender Faktor. Die Genauigkeit liegt hier in etwa Zehntausendsteln der Sekunde. Man muß hier auch mit der Entfernung der Funksender rechnen.

Die Ergebnisse dieser photoelektrischen Beobachtungen sind überraschend. Der Verlauf dieser Aufnahmen – Eintritte wie Austritte – zeigt eine gute Auflösung, und in vollem Maße tritt die Diffraction des Lichtes auf. Die Breite des ersten Bandes nach Fresnel ist in der Entfernung Mond – Erde etwa 12 Meter. Bei der durchschnittlichen Bewegung des Mondschattens von 1 km/s auf der Erdoberfläche stellen Ein- oder Austritt des wirklichen Punktsternes eine Zeit von 12 ms dar. Einige der bisherigen photoelektrischen Beobachtungen beweisen, daß es sich um nahe Doppelsterne handelt. In anderen Fällen erhält man auch die mit anderen Methoden nicht meßbaren Winkeldurchmesser der Sterne. In einem Fall wurde auch der Austritt eines nahen Doppelsternes beobachtet.

In früheren Jahren wurde auch eine Expedition für die Beobachtung einer streifenden Sternbedeckung veranstaltet. Leider wurden ähnliche Expeditionen wegen großer Erfordernisse von Instrumenten nicht mehr organisiert. Erst 1981 rechnen wir mit weiteren Expeditionen.

Wichtig sind Beobachtungen der Sternbedeckungen durch die kleinen Planeten. In den letzten drei Jahren wurden solche Beobachtungen vorbereitet und auch zum Teil realisiert – bisher ohne positive Ergebnisse. In der Sternwarte in Valašské Meziříčí wurden diese Beob-

achtungen vor allem photoelektrisch durchgeführt.

Von 1961 bis Ende 1980 wurden insgesamt mit etwa 350 Beobachtern mehr als 5000 verwendbare Sternbedeckungsbeobachtungen ausgeführt. Darunter sind etwa 20 photoelektrische Beobachtungen.

Ein Weg zur genauen Zeitpunktmeßung

CHR. GOTTWALD

Die Beobachtung von Sternbedeckungen ist in das Arbeitsprogramm des Astronomischen Zentrums Schkeuditz sowohl für die Schüler in der Arbeitsgemeinschaft als auch für den Arbeitskreis der Erwachsenen aufgenommen worden und es galt, die dazu notwendigen meßtechnischen Mittel als Ergänzung zur Grundausstattung, einem Coudé-Refraktor 150/2250, zu finden. Mit möglichst geringem Aufwand sollten dabei die Voraussetzungen für möglichst genaue Zeitmeßergebnisse geschaffen werden. Das gelang mit den nachfolgend aufgeführten Geräten. Vom Autor werden einige seiner Erfahrungen damit und anderes gesammelte bzw. ergänzende Material vorgestellt.

Die Weltzeitbasis wird bekanntlich durch die Atomuhren einer großen Zahl nationaler Zeitdienste gebildet, die mit ihren Sendern international koordinierte Zeitzeichen (UTC) verbreiten. Es ist nicht schwierig, diese zu empfangen. Zeitzeichensender unterscheiden sich in Sendefrequenz, Sendeschema, Impulsänge, Codierung und anderen Details. Alle verbreiten aber die Weltzeitsekundenskala in der Form,

dass der Beginn des Impulses Bezugspunkt für die genaue Zeit ist. Die Uhrzeit wird durch Minutenimpulse, Anfang und Ende einer Zeitzeichensendung, durch deren kurze Unterbrechung, durch Morsezeichen oder eine besondere Form der Codierung bekanntgegeben. Ist mehrere Sender die gleiche Frequenz zugewiesen, geben sie sich durch Morsezeichen zu erkennen. Die Bedeutung der auffälligen Doppelimpulse wird in der Literatur erläutert [2]. Die einfachste Zeitanschlussmöglichkeit besteht natürlich nach den ebenso genauen Rundfunkzeitzeichen, jedoch mit Nachteilen in Bezug auf die Sendezeitpunkte und die Anzahl der Impulse. Normale Rundfunkgeräte, die mit wenigstens zwei Kurzwellenbereichen ausgestattet sind, ermöglichen gegebenenfalls den Empfang von Zeitzeichensendern auf einer, eventuell sogar mehreren Frequenzen. Es gelingt sogar mit Koffer- und Taschengeräten, wie dem „Spidola 240“ aus der UdSSR, einem sehr preisgünstigen Gerät mit $7 \times$ Kurzwelle. Abb. 1 ist aus Beobachtungsergebnissen mit diesem Gerät zusammengestellt worden. Zur erstmaligen Suche nach einem Zeitzeichensender sind Variationen mit der Antenne vorzusehen. Man beginnt mit einem Draht von Zimmerlänge und erzielt natürlich den höchsten Gewinn mit einer Außenantenne (Errichtungsvorschriften beachten!), wobei aber der gewünschte Sender oft völlig von anderen Quellen überdeckt wird. Nach dem ersten Erfolg ist das Wiederauffinden kein Problem mehr und man gewöhnt sich sehr schnell an die ständig mit der Tages- und Jahreszeit wechselnden Empfangsbedingungen. Aus Abb. 1 ist erkennbar, dass in einigen Fällen mehrere Sender auf der gleichen Frequenz arbeiten. Tatsächlich sind

Abb. 1: Hinweise auf Sendezeiten und Frequenzen der im Raum Leipzig mit dem Kofferradio empfangenen Normalfrequenz und Zeitzeichensender auf Kurzwelle.

	MHz	Sendezeit bzw. Stunden	Stündlicher Sendezyklus											
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
RWM	• • •	24												UdSSR
MSF	• • •	24												GB
OMA	•	18 - 6 UTC 6 - 18												ČSSR
IBF	•													Italien
OLB 5	3,170	24												ČSSR
Y3S (DIZ)	4,525	24												DDR

Stand 1980

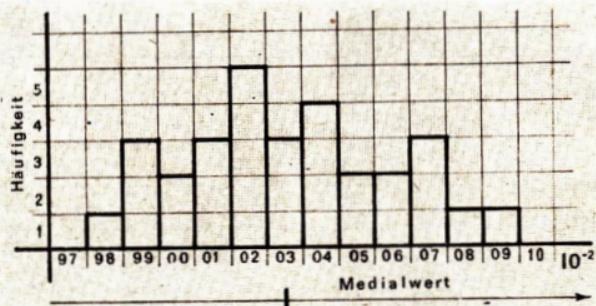


Abb. 2: Die Anzeigewerte der Stoppuhr aus einer Anzahl von Einzeltastungen geben auf einen Blick den wahrscheinlich richtigen Meßwert und seine Unsicherheit

oft zwei oder drei Stationen gleichzeitig zu hören, was aber die Genauigkeit des Zeitanschlusses nicht beeinträchtigt, da dem hörenden Beobachter die Sekundenzeichen trotz unterschiedlicher Funkzeichenlaufzeit fehlerfrei überlagert erscheinen.

Die Zeitmeßoperationen erfolgen sehr vorteilhaft mit der Ruhla-Quarzstoppuhr Kaliber 87-01, da sie in Verbindung mit ihrer 4-Stufen-Programmschaltung gut zur Zeitbewahrung und hauptsächlich für den kontrollierten Anschluß an die Weltzeitbasis geeignet ist. Es ist aber zusätzlich für eine klare Zeitorientierung durch den Parallelbetrieb mit einer Hauptuhr zu sorgen. Dazu bietet sich der Ruhla-Quarzwecker mit seinem markanten Zeigersprung und wegen seiner leichten Synchronisierbarkeit zum Zeitzeichen an. Den manuellen Zeitanschluß realisiert man mit der Quarzstoppuhr nach einem Dauerzeitzeichen, wobei die Uhr unter der ersten Tastung mit einem kleinen subjektiven Fehler anläuft. Anschließend kann festgestellt werden, wieviel die Uhr vor- oder nachgeht. Dazu sind möglichst genau, eine Anzahl weiterer Sekundenzeichen einzutasten. Mit den Hundertstelergebnissen wird, nach Anzeigewert und Anzahl geordnet, ein provisorisches Histogramm angelegt, aus dem sich der Medialwert und dessen Unsicherheit für den vorliegenden Zeitanschluß mit guter Genauigkeit und ohne Berechnung sofort ablesen lassen. Ohne persönlichen Fehler erzielt man einen Zeitanschluß durch elektrische Ansteuerung der Quarzstoppuhr. Der Autor benutzt dazu ein Schaltgerät, das er nach Vorschlägen eines Fachmannes selbst gebaut hat, und setzt es als Relais zwischen Empfänger und Uhr. Das Rundfunkzeitzeichen läßt dann unmittelbar die Uhr mit einer Verzögerung von weniger als 0,01 s (also unterhalb der Zeitauflösung) anlaufen. Kontrolliert man eine handgestartete Uhr auf diese Art, so

scheint sie gegenüber der sorgfältigen manuellen Uhrstandskontrolle doch etwas nachzugehen. Das liegt daran, daß ein 100-ms-Impuls „als Ganzes“ wahrgenommen und logisch zu spät getastet wird. Der Uhrstand ist also um etwa 0,03 s zu berichtigten. Besondere Bedeutung hat für den Beobachter seine visuell-motorische Reaktionszeit, die Hauptkomponente der „persönlichen Gleichung“. Sie ist mit der Quarzstoppuhr meßbar. Deckt man mit der linken Hand die drei rechten Ziffern ab, springt für den Probanden überraschend 10 s nach dem Start der Anzeigewert von der Null auf die Eins. Hier ist die Uhr zu stoppen! Eine Meßreihe von ausreichendem Umfang ergibt auch hier den Medialwert und eine Aussage über die Unsicherheit. Nach einigen Meßreihen wird die Unsicherheit dieses Reaktionszeitwertes merklich kleiner. Diese Reihe von Verbesserungsmöglichkeiten des Zeitpunktmeßwertes kann man wahrscheinlich noch ergänzen und sie läßt die Unsicherheiten völlig offen, die bei ungünstigen Beobachtungen am Fernrohr das Meßergebnis beeinflussen, trotzdem wird aber eine sicherere Angabe des Zeitpunktes des erfolgten Tastendrucks für den Beobachter von Nutzen sein.

Literatur:

- [1] Alfred Suckow: Quarzuhren für den Astro-Amateur. Astronomie und Raumfahrt, 18 (1980) Heft 4. – [2] D. Kahn: DIZ Nauen – DDR-Kurzwellensender für Zeitsignale, radio fernsehen elektronik, VEB Verlag Technik Berlin; 24. (1975) Heft 6. – [3] Technische Informationen zu den tschechoslowakischen Normalfrequenz- und Zeitzeichensendern. Institut für Radiotechnik und Elektronik der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften Prag. – [4] Karl Rothammel: Taschenbuch der Amateurfunkpraxis. Militärverlag der DDR, Berlin 1978. – [5] F. S. Sawelski: Die Zeit und ihre Messung. Verlag MIR Moskau / VEB Fachbuchverlag Leipzig 1977. – [6] Walter Steinhardt / Lothar Uhlig: Leitfäden der Navigation. Astronomische Navigation Transpressverlag Berlin, 3. Auflage 1979. – [7] Hans Hart: Einführung in die Meßtechnik. Verlag Technik Berlin, 2. Auflage 1979.

Erfahrungen mit dem Langwellenzeichenempfang

WOLFGANG ROTHE

In den meisten Veröffentlichungen mit Hinweisen zum Empfang von Zeitzeichen werden neben den stündlichen Zeitzeichen der Hörrundfunksender nur die im Kurzwellenbereich außerhalb der Hörrundfunkbänder betriebenen speziellen Zeitzeichensender erwähnt und empfohlen. Demgegenüber sind die im Langwellenbereich – ebenfalls außerhalb der Hörrundfunkbänder – betriebenen Zeitzeichensender recht wenig bekannt, obwohl sie einige wesentliche Vorteile aufweisen:

- Die Wellenausbreitung in diesem Wellenbereich und damit das Empfangssignal sind tages- und jahreszeitlich stabil, merkliche Schwunderscheinungen treten nicht auf.
- Die Frequenzzuweisung der Sender ist so vorgenommen, daß gleichzeitiger Empfang störender Sender praktisch ausgeschlossen ist.
- Die Sender strahlen Dauerzeitzeichen aus, das nur zu Wartungspausen am Sender unterbrochen wird.
- Die niedrige Empfangsfrequenz kommt dem Eigenbau stabil arbeitender Empfangsgeräte entgegen.
- Als Empfangsantenne ist eine Ferritantenne ausreichend.

Da die Langwellenzeichen Sender oft gleichzeitig als Normalfrequenzsender arbeiten, haben sie eine zu beachtende Besonderheit: Die Zeitmarken werden durch vollständige oder teilweise Austastung der Senderleistung erzeugt, d. h., in einem normalen Telegrafeiempfänger hört man einen Dauerton mit kurzen Unterbrechungen. Diesem Nachteil ist jedoch durch eine entsprechende Schaltung des Empfängers abzuheulen. Manche Sender bieten außer den Sekunden- und Minutenimpulsen verschlüsselte Angaben, wie Minute, Stunde, Tag u. a. Diese Zusatzinformation beeinträchtigt jedoch nicht das Abhören der Zeitsignale und soll hier nicht weiter interessieren. Auf dem gesamten Gebiet der DDR sind wenigstens zwei Langwellenzeichen Sender mit einfachen Geräten gut zu empfangen: Der Sender OMA (ČSSR) auf 50 kHz und der Sender DCF 77 (BRD) auf 77,5 kHz.

Ich empfange seit 1974 den Sender OMA mit selbstentwickelten Empfängern. Der Sender hat jedoch seit einiger Zeit Abschaltungen von einigen Tagen aufzuweisen. Nach Auskunft von

Herrn Ing. B. Maleček, ČSSR, befindet sich der Sender OMA z. Z. in einer Umbauphase, was die Abschaltungen erklären könnte.

Der Sender DCF 77 wird seit einiger Zeit von Sternfreunden der DDR mit selbstgebauten, teils komfortablen Empfängern mit Erfolg empfangen. In der Kulturbundfachgruppe Berlin sind Bemühungen im Gange, einen einfachen, nachbausicheren Empfänger für DCF 77 zu schaffen. Darüber wird zu gegebenem Zeitpunkt berichtet.

Es wird darauf hingewiesen, daß für den Empfang von Zeitzeichensendern die Genehmigung von der jeweils zuständigen Bezirksdirektion der Deutschen Post einzuholen ist.

Mit dem Empfang der qualitätsstabilen Dauerzeitzeichen auf Langwelle wird auch die „Tonbandmethode“ [1] gut realisiert. Sie ist vor allem dann zweckmäßig, wenn mehrere dicht aufeinanderfolgende Zeitpunkte zu erfassen sind, wie es z. B. bei streifenden Sternbedeckungen der Fall ist. Bei der Expedition zur streifenden Bedeckung der Venus durch den Mond am 5. 10. 80 hat sich der Langwellenzeichenempfang im Zusammenwirken mit der Tonbandmethode bestens bewährt. Ein gleichzeitig eingesetzter Kurzwellenzeichenempfänger lieferte zeitlich stark schwankende, oft unbrauchbare Signale. Noch ein Hinweis zum Empfang der Zeitzeichen der Hörrundfunksender: Die Zeitzeichen der Hörrundfunksender der DDR werden vom ASMW der DDR gesteuert. Damit ist die Genauigkeit ihrer Aussendung bezüglich der UTC-Skala gewährleistet; die zu berücksichtigenden Laufzeiten zu den einzelnen Sendern betragen max. 5 ms [2]. Zufällige und später systematische Zeitzeichenbeobachtungen des Verfassers haben gezeigt, daß zwischen den Zeitzeichen der DDR-Rundfunksender und den Zeitzeichen anderer Rundfunksender schwankende, oft erhebliche Differenzen auftreten, die mehr als 0,5 s betragen können. Offensichtlich werden die Zeitzeichen ausländischer Rundfunksenden von weniger genauen Uhrenanlagen abgeleitet und sollten deshalb nicht zum Zeitanschluß verwendet werden.

Literatur:

- [1] Pfau, Werner: Zeitbestimmung durch den Amateur, Astronomie und Raumfahrt 1973, Heft 6, Seite 161–163. – [2] radio-fernsehen-elektronik, monatliche Rubrik „Normalzeit- und Normalfrequenzaussendungen im Monat ...“, herausgegeben von ASMW.

Pionier- und Jugendsternwarte „J. Kepler“ in Crimmitschau sucht ab 1. Aug. 1982 einen pädagogischen Mitarbeiter.

Einsatz der EDV in der Sternbedeckungsarbeit

DIETMAR BÜTTNER/WOLFGANG ROTHE

Allgemeine Aspekte

Da die Berechnung von Sternbedeckungen zahlreiche sich wiederholende Operationen beinhaltet, liegt es nahe, hierfür die Möglichkeiten der EDV zu nutzen.

Das heutige Niveau und der gegenwärtige Umfang der internationalen Sternbedeckungsarbeit wären ohne den Einsatz der Computertechnik nicht zu erreichen gewesen, weil die Verwendung herkömmlicher Rechenhilfsmittel einen zu großen Aufwand bedeutet. So mußte zum Beispiel des HMNAO (bis Ende 1980 für die Reduktion der in aller Welt gewonnenen Sternbedeckungsbeobachtungen verantwortlich) jährlich 8000-10000 Einzelmessungen bearbeiten - eine Aufgabe, die ohne EDV auch bei einem sehr großen Mitarbeiterstab so viel Zeit gekostet hätte, daß sie nicht zu bewältigen gewesen wäre.

Einige Gebiete der modernen Sternbedeckungsarbeit sind überhaupt erst diskutabel, seit es leistungsfähige Computer gibt, die eine hohe Rechengeschwindigkeit und eine große Speicherkapazität haben. Als Beispiel seien die Voraussagen streifender Sternbedeckungen genannt. Sie erfordern durch die nötigen Iterationsverfahren einen sehr großen Rechenaufwand. Ein anderes Beispiel ist die Suche nach Sternbedeckungen durch Planeten. Hierbei muß man die Ephemeriden des jeweiligen Planeten mit geeigneten Sternkatalogen vergleichen, um eventuelle Bedeckungen zu finden. Wollte man diese Aufgabe auf manuellem Wege lösen, wie es übrigens noch vor einigen Jahren am HMNAO praktiziert wurde, könnte man sich nur auf sehr wenige Planeten und Sterne konzentrieren, da dieses Vergleichen eine langwierige, monotone Arbeit ist.

In der internationalen Sternbedeckungsarbeit werden heute fast alle Aufgaben mit Computern bearbeitet. Die wichtigsten Zweige, die hier in großem Maßstab eine Rolle spielen, sind:

- Berechnung der Beaselschen Elemente für alle Stern- und Planetenbedeckungen, die irgendwo auf der Erde zu beobachten sind;
- Berechnung der Voraussagen totaler Sternbedeckungen für Standardstationen und Einzelbeobachter;
- Berechnung von Voraussagen streifender Sternbedeckungen;
- Suche nach möglichen Sternbedeckungen durch Planeten;
- Berechnung der Voraussagen von Sternbedeckungen durch Planeten;
- Reduktion der Beobachtungen von totalen und streifenden Sternbedeckungen durch den Mond sowie von

Sternbedeckungen durch Planeten.

Bevor diese Berechnungen ausgeführt werden können, müssen noch Voraussetzungen geschaffen werden. Dazu zählt u. a., daß

- die Ephemeriden des bedeckenden Körpers (Mond oder Planeten),
- geeignete Sternkataloge,
- die Planetenhemispheriden (für Planetenbedeckungen durch den Mond),
- die Karten des Mondrandprofils,

auf geeigneten Datenträgern (Magnettband oder -platte, Lochkarte ...) in einer Form bereitgestellt werden, die der Rechner lesen kann. Zu dieser „Software“ gehören natürlich auch die Programme, die den Rechner zur sinnvollen Verarbeitung der vorhandenen Daten veranlassen.

Wegen des großen Aufwandes für die Vorarbeiten sind auch bei Einsatz der EDV Sternbedeckungsberechnungen durch den Einzelamateur oder kleinere Arbeitsgruppen unökonomisch. Der Rechnereinsatz wird für die Sternbedeckungsarbeit (wie auch auf vielen anderen Gebieten) erst durch die zentralisierte Bearbeitung der Daten effektiv, weil die Resultate schneller und zuverlässiger gewonnen werden und einfacher weiterzuverarbeiten sind. Deshalb gibt es zur Zeit nur relativ wenige Zentren auf der Erde, in denen Sternbedeckungen berechnet werden. Die wichtigsten sind:

- H. M. Nautical Almanac Office (HMNAO; England)
- U. S. Naval Observatory (USNO; USA)
- International Occultation Timing Association (IOTA; USA) mit ihren Europa- und Lateinamerikasektionen
- Astronomical Division, Hydrographic Department (Japan)

Nutzung der EDV in der Arbeitsgruppe „Sternbedeckungen“

Auf der Basis der von den internationalen Rechenzentren auch für das Gebiet der DDR bereitgestellten Voraussagen haben sich für die Organisation der Beobachtungstätigkeit und die Aufbereitung der Daten für einzelne Beobachter weitere effektive Anwendungsmöglichkeiten für die EDV ergeben. Auf Grund der beschränkten und meist nicht offiziellen Zugangsmöglichkeiten der Amateure zu kommerziellen EDV-Anlagen wird zur Zeit nur ein privat vorhandener programmierbarer Taschenrechner des Typs TI 59 genutzt. Dieses Gerät genügt trotz seiner Beschränkungen hinsichtlich Speicherkapazität und Rechengeschwindigkeit den vorliegenden Anforderungen vollauf und hat gegenüber einer „seriösen“ EDVA noch den beträchtlichen Vorteil, daß seine Nutzung auf keinerlei organisatorische und kommerzielle Probleme stößt. Außerdem ist eine mobile Nutzung, z. B. in einer Bibliothek, möglich.

Zur Zeit werden durch W. Rothe folgende Auf-

gaben bearbeitet, die mit Sternbedeckungen in Zusammenhang stehen:

- Bestimmung der geografischen Koordinaten aus Meßtischblättern
- Berechnung der Nummer des benötigten Kartenblattes aus den ungefähren Koordinaten des zu bestimmenden Punktes
- Berechnung der genauen Koordinaten des Punktes anhand der Vermessungsergebnisse auf dem Meßtischblatt
- Bestimmung der Linien von streifenden Sternbedeckungen auf einem Meßtischblatt zur Auswahl eines Beobachtungspunktes
- Näherung der gegebenen Bedeckungslinie im interessierenden Intervall durch eine Gerade
- Berechnung der Kartenrandabschnitte, die zum Abstecken der Bedeckungslinie auf der Karte erforderlich sind
- Berechnung der Kontaktzeiten von totalen Bedeckungen für andere Orte als den Vorhersageort unter Verwendung der in den Vorhersagen gegebenen Zeitkorrekturenfaktoren für Breiten- und Längendifferenzen
- Berechnung der Kontaktzeiten von totalen, fast streifenden Bedeckungen für gegebene Standorte aus den Daten der streifenden Bedeckung, wenn die einfache Rechnung mit den Zeitkorrekturenfaktoren nicht mehr anwendbar ist
- Jährliche Auswahl von streifenden Sternbedeckungen für die Expeditionsplanung von Beobachtungsgruppen und Einzelbeobachtern
- Annäherung der Bedeckungslinien auf dem Gebiet der DDR durch Geraden
- Berechnung der kleinsten Entfernung vom Beobachterstandort zur Bedeckungslinie
- Gemeinsames Abspeichern von laufender Nummer der Bedeckung, laufender Nummer des Beobachters und kleinsten Entfernung, wenn die kleinste Entfernung einen vorgegebenen Wert für den Reiseradius unterschreitet

In Anbetracht der vorhandenen 13-stelligen Datenspeicher und der hier geringen Anforderungen an die Genauigkeit konnten die Speicher des Rechners durch geeignete Umformung der Daten mittels Hilfsprogrammen mit je 2 bzw. 3 Parametern gleichzeitig belegt werden. Damit gestattet dieses Programm mit dem TI 59 die Verknüpfung von 30 Beobachterstandorten und 30 streifenden Sternbedeckungen (900 Entfernungen) in einem Rechengang von ca. 2 Stunden.

Bedeckung von Sigma Sagittarii durch Venus 1981 November 17

Ort	EINTRITT					AUSTRITT					
	UT	P	Höhe	UT	P	Höhe					
	h	m	*	Stern	Sonne		h	m	*	Stern	Sonne
Karl-Marx-Stadt	15	30.1	44	11	-2		15	39.2	303	11	-4
Eilenburg	15	30.1	44	11	-2		15	39.1	303	10	-4
Berlin	15	30.2	44	9	-3		15	39.1	303	9	-5

P ist der Positionswinkel des Ereignisses.

BEOBSACHTUNGSHINWEISE



Bedeckung des Sterns Sigma Sgr durch Venus 1981 November 17

Die letzte beobachtete Sternbedeckung durch Venus war die Bedeckung von Regulus (1959). Die Analyse von 211 Beobachtungen dieser Bedeckung ergab einen Venusdurchmesser von 12338 km. Dieser Wert wurde für die Voraussagen der Bedeckung am 17. Nov. 1981 zugrunde gelegt.

Sigma Sagittarii hat eine visuelle Helligkeit von $2^m 1$, seine Spektralklasse ist B 3. Zur Zeit der Bedeckung hat Venus einen Abstand von $47''$ zur Sonne. Der scheinbare Venusdurchmesser beträgt $28''$, und die Helligkeit der Venus liegt bei $-4^m 1$. Die Venusscheibe ist zu 46% beleuchtet, der Positionswinkel für den Mittelpunkt des beleuchteten Randes ist 268° . Daraus ergibt sich, daß der Eintritt am dunklen und der Austritt am hellen Rand erfolgen werden.

Die Bedeckung ist sichtbar in Neufundland, Mittel- und Südamerika, Afrika, Europa und S.W.-Asien. In Europa kann das Ereignis nach Sonnenuntergang beobachtet werden.

Die Voraussagen basieren auf der SAO (= FK 4)-Position des Sterns und den Venusephemeriden (siehe astronomische Jahrbücher). Es ist unwahrscheinlich, daß eine Verbesserung dieser Positionen zu einer wesentlichen Veränderung der Voraussagen führt.

Ich danke Mr. Gordon E. Taylor vom H. M. Nautical Almanac Office (Royal Greenwich Observatory), der auf meine Anfrage hin für drei Orte unserer Republik Voraussagen der Sternbedeckung berechnete. Alle Amateure, die das Ereignis beobachten, senden Ihre Resultate bitte an mich. Ich werde die Ergebnisse sammeln und an Gordon Taylor weiterleiten.

Literatur:

IAU Commission 20, Working Group on Predictions of Occultations by Satellites and Minor Planets, Bulletin 18, 1979 August 10.

DIETMAR BÜTTNER

Arbeitsgruppe Sternbedeckungen

Die Beobachtung der Kometen (III)

Ein auffallender Schwanz ist bei einem Kometen nur in der Perihelugebung sichtbar; in größerem Abstand tritt im wesentlichen die Koma in Erscheinung, die ihm das Aussehen eines runden, diffusen Objekts verleiht. Eine Verwechslung mit extragalaktischen Objekten, Kugelsternhaufen, manchen Klassen von planetarischen Nebeln oder entfernten offenen Sternhaufen ist daher leicht möglich. In kleineren Fernrohren unterscheidet sich der Komet nur durch seine Bewegung. Um aber etwa eine Entdeckungspriorität zu sichern, (was freilich ein sel tener Fall wäre) wird der erfolgreiche Beobachter nicht erst auf eine zweite Position warten, sondern auf einer geeigneten Sternkarte prüfen, ob tatsächlich ein Komet oder etwa ein stationäres Objekt vorliegt. Zu dieser Kontrolle eignet sich in hervorragender Weise der Atlas Coeli von Antonin Bečvář, der die genannten Objekte bis zur scheinbaren Helligkeit $m_{ph} \leq 12$, extragalaktische sogar bis $m_{ph} \leq 13$ verzeichnet.

Die methodischen und instrumentellen Hinweise gelten auch für das Aufsuchen eines gemeldeten Objekts. Die ersten Bahnbestimmungen werden zunächst aus Beobachtungen mit geringer Zeitdifferenz abgeleitet, wodurch die Ephemeriden ziemlich unsicher sind, insbesondere wenn sich die Extrapolation über größere Zeiträume erstreckt. Die Beobachtung solcher Objekte ist daher wichtig für die Bahnverbesserung, ebenso aber auch die Helligkeitsüberwachung – manche Kometen zeigen kurzzeitige Helligkeitsausbrüche – und die Schwellentwicklung.

Wenn Koordinaten überhaupt bekannt sind, erweist sich die photographische Beobachtung als bequemer und viseitiger. Man erhält schon mit kleinen Brennweiten – etwa der Normalbrennweite einer Kleinbildkamera von 5 cm – beachtliche Reichweiten. Da der Kern mit Koma dann in der Regel sternförmig abgebildet wird, lassen sich Helligkeitsmessungen durch direkten Anschluß an benachbarte Sterne durchführen, ein Vorteil, den der zu schätzen weiß, der die oft sehr stark voneinander abweichenenden Helligkeitsangaben von Beobachtern an verschiedenen Instrumenten miteinander vergleicht. Auch braucht man in diesem Fall die Eigenbewegung des Kometen nicht zu berücksichtigen. Photographische Positionsmeßungen sind visuellen überlegen. Ein wichtiger Vorteil: Identifikationen lassen sich leichter nachprüfen. Die Ausdehnung und Struktur von Kometenschweifen lassen sich praktisch nur auf photographischem Wege erfassen. Da sie sich unter Umständen im Winkelmaß über viele Grade erstrecken, ist man oft ohnehin nur auf die optischen Mittel der konventionellen Photographie angewiesen. Bei einem flächenhaften Objekt wird die Reichweite im wesentlichen abhängig vom Öffnungsverhältnis der verwendeten Kamera und der Intensität des Himmelshintergrundes, dessen Erhöhung bei uns leider stark zugemessen hat. Ein eleganter Ausweg ist dann die Ausnutzung der Tatsache, daß die Kometen sowohl kontinuierliche als auch Linienstrahlung emittieren. Verwendet man vor dem Objektiv ein Interferenzfilter, das eine geringe spektrale Durchlaßbreite genau in der Wellenlänge einer typischen Emissionslinie besitzt, kann man die störende Hintergrundstrahlung praktisch völlig unterdrücken und – natürlich mit verlängerter Belichtungszeit – den Schwanz monochromatisch mit starker Kontraststeigerung aufnehmen. Diese Methode ist sogar in der Nähe großer Städte anwendbar. Kleinere Optiken lassen sich in unterschiedlichen Wellenlängen zu mehreren vereinen; dies führt zur Konzeption der Multispektralkamera, deren Anwendung über simuliert gewonnene Aufnahmen in mehreren Wellenlängen hinausgeht: Ein wesentliches Element der Kometenbeobachtung ist die Messung der Polarisation. Auch hierfür werden vorteilhaft Mehrkanalkameras verwendet. Daraüber, wie über Methoden zur Gewinnung von

Kometenspektren wird noch berichtet werden.

Feste Regeln für die Dimensionierung der Kamera lassen sich bei der Vielgestaltigkeit der Kometen freilich nicht geben; im allgemeinen sind Objektive von 10 bis 30 cm Brennweite für Schweifaufnahmen ausreichend. Je größer sie wird, desto eher ist man gezwungen, bei der Nachführung den Kometen selbst als Leitstern zu benutzen. In einem solchen Fall ist ein Leitrohr vom Typ eines Kometensuchers mit geeigneter Feldbeleuchtung erforderlich.

Als ein Ausführungsbeispiel wurde im Tafelteil von Heft 3/81 die Kometenkamera der Volkssternwarte Apolda vorgestellt. In einem gemeinsamen Kameragehäuse sind 4 Objektive (Tessar 0 : 3.5; f = 150 mm) so montiert, daß jedes ein Feld von 6 cm × 6 cm auf einer gemeinsamen Photoplatte von 12 cm × 12 cm abbildet. Die einzelnen Strahlengänge sind optisch voneinander abgeschirmt. Die beschriebene Kamera vereinigt auf einer Tragbrücke zwei solcher Einheiten, die je nach Wahl mit Rot- oder Blauplatten beschickt werden und als 8-Kanal-Kamera für monochromatische Aufnahmen oder Polarisationsaufnahmen bzw. beides gleichzeitig verwendet werden können. Die erforderlichen Interferenz- bzw. Polarisationsfilter sind beliebig austauschbar. Auf der Tragbrücke ist ein Leitrohr mit 80 mm Öffnung und 270 mm Brennweite montiert. Die ganze Einheit wiegt etwa 4,5 kg und kann an parallaktische Montierungen vom Typ I oder T von C. Zeiss Jena angepasst werden.

Der vergleichsweise geringe Instrumentelle Aufwand, die Vielfalt der mit Amateurmitteln lösbarer Probleme, aber auch der nach wie vor ungebrochene Reiz von Kometenbeobachtungen machen diese zu einem nützlichen und faszinierenden Gegenstand der Amateurarbeit.

ERICH BARTL

KURZBERICHTE



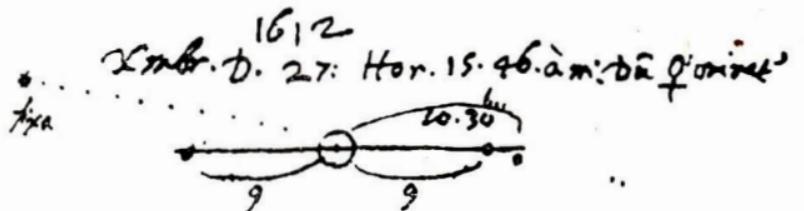
Galilei sah den Neptun

Amateur gab Anstoß zu dieser Entdeckung

Die Geschichte der Erforschung mehrerer Himmelskörper hat gezeigt, daß der eigentlich „Entdeckung“ schon zahlreiche Beobachtungen vorausgingen, die jedoch nicht ausreichten, um die Neuheit des beobachteten Objektes festzustellen. Bekannt wurden z. B. die Beobachtungen des Uranus vor seiner Entdeckung durch Friedrich Wilhelm Herschel 1781 [3].

Auch für den Neptun fanden sich bei der Durchsicht der Aufzeichnungen früherer Astronomen Beobachtungen, die der von Johann Gottfried Galle 1846 [4] vorausgingen. Nun dürfte es recht interessant sein, daß, wie kürzlich festgestellt wurde, schon Galilei, 234 Jahre vor der Neptun-Entdeckung diesen Planeten gesehen hat.

Eine Chance, den Neptun in schon länger zurückliegenden Beobachtungen mit Sicherheit zu identifizieren, besteht vor allem für Zeiten, in denen er mit anderen auffälligen Objekten des Himmels, die von den Astronomen mit einer Sicherheit beobachtet wurden, eine enge Konstellation bildete. Gut geeignet erscheinen Bedeckungen des Neptun durch einen anderen Planeten. Darauf machte der Amateurastronom Steven C. Albers in seinem Beitrag „Mutual Occultations of Planets: 1557 to 2230“ auf.



merksam: „Es wäre sehr interessant, wenn Neptun, bevor er entdeckt wurde, irrtümlich für einen Mond des Jupiter, oder einen bedeckten Stern gehalten wurde.“ ([1]; S. 221) Auf zwei Neptun-Bedeckungen seit 1557 konnte aufmerksam gemacht werden: Sowohl am 4. Januar 1613, als auch am 19. September 1702 bedeckte Jupiter diesen Planeten!

Zwei Fachleute, der Astronom Charles T. Kowal (Palomar Obs.) und der Historiker Stillman Drake (Univ. Toronto), gingen diesem, eigentlich gar nicht so abwegigen Gedanken nach und fanden – Neptun! [5] Zunächst galt es, die Positionen von Jupiter und Neptun für die Zeit um den 4. Jan. 1613 zu berechnen. Diese Ergebnisse wurden mit Beobachtungen der Jupiter-Monde verglichen, die Galileo Galilei im Dez. 1612 und Jan. 1613 anstellte und wie sie aus den publizierten Beobachtungstagebüchern [2] des Pioniers der teleskopischen Astronomie hervorgehen.

Die erste „verdächtige“ Beobachtung stammt vom 28. Dez. 1612, 3.46 Uhr (nach Galileis Zeitangabe 27. Dez., 15.46 Uhr nach Mittag). In dieser Nacht beobachtete Galilei die Jupitermonde und verzeichnete östlich des Planeten einen Fixstern (vgl. Abb. 1, „fixa“), der im „Palomar Sky Survey“ nicht enthalten ist. Seine Position entspricht jedoch der des Neptun an diesem Tag! Noch deutlicher sind die Verhältnisse aus der Beobachtung vom 28. Jan. 1613, „6 ab oec.“ (d. h. nach Sonnenuntergang), etwa 23 Uhr zu erkennen. Die Tagebuchnotiz (Abb. 2) zeigt Jupiter mit seinen Monden und einem Stern „a“. Dieser Stern konnte mit Hilfe der Jupiter-ephemeride als SAO 119 234 (Vir) identifiziert werden. Doch noch ein Gestirn fiel Galilei auf, für dessen Dar-

stellung er eine Nebenzeichnung gibt: „b“. Die Erläuterung zu dieser Beobachtung lautet: „Hinter dem Fixstern a ist ein anderer, b, in derselben Geraden, der auch in der vorhergehenden Nacht beobachtet werden konnte; aber ihr Abstand voneinander wurde verändert geschen.“ Beim Stern „b“ muß es sich den Rechnungen nach um den Neptun gehandelt haben.

Galilei bemerkte also nicht nur die Existenz von „b“, sondern auch die Veränderung des Abstandes zwischen den beiden Objekten. Immerhin war ihm das Anlaß genug, diese Merkwürdigkeit in einer besonderen Skizze festzuhalten. Ohne die entsprechende Montierung gelang es Galilei aber nicht, diese Bewegung eine längere Zeit zu verfolgen, wie er auch offensichtlich nicht entschieden konnte, welcher der „Stern“ seine Position veränderte.

Der Vergleich zwischen dem berechneten Neptunort und dem von Galilei beobachteten ergibt für den 28. Jan. 1613, 23 UT, die Daten (1950,0):

Galileis Beobachtung	$= 12^{\circ}05'30''$, $= +0^{\circ}53'11''$
berechneter Ort	$= 12^{\circ}05'33''$, $= +0^{\circ}52'24''$

Worin besteht nun die Bedeutung dieser Beobachtung? Seit der Entdeckung des Neptuns vor 185 Jahren hat dieser Planet noch keinen vollen Umlauf ausgeführt (Umlaufzeit rd. 165 Jahre). Um die Frage, wie genau die Bahnelemente Neptuns bekannt sind, währt ein Streit. Die Positionen des Planeten, die Lalande (ebenfalls vor der Neptunedektion) am 8. und 10. Mai 1795 feststellte,

Abb. 1: (oben): Galileis Beobachtung der Jupitermonde von 27./28. Dezember 1612 (nach [2], S. 452).

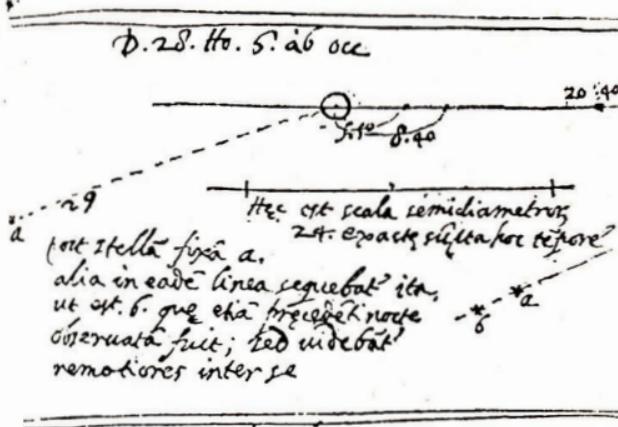


Abb. 2 (rechts): Beobachtung vom 28./29. Januar 1913 (nach [2], S. 553).

weichen um 7° von den Rückrechnungen ab. Weitere ältere Beobachtungen könnten helfen, eine Präzisierung zu erreichen.

Gibt es Neptun-Beobachtungen aus der Zeit um den 19. Sept. 1702; wie waren damals überhaupt die Sichtbarkeitsbedingungen der Jupiter-Neptun-Konstellation? Ergebnisse wurden bislang noch nicht bekannt.

Literatur:

- [1] Albers, C. A.: Mutual Occultations of Planets: 1557 to 2230. In: Sky and Telescope 57 (1979), 220–222. – [2] Galilei, G.: Opere, Bd. III/2, Firenze 1907. – [3] Hamel, J. Uranus. In: AuR 19 (1981); 2, S. 51. – [4] Herrmann, D. B.: Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzsprung. Berlin 1980, S. 56–59. – [5] Kowal, C. T./S. Drake: Galilei's Observations of Neptune. In: Nature 287 (1980), 311–313.

JÜRGEN HAMEL

„Galileo“ mit Änderungen

Ende 1979 zeigte sich, daß das ursprüngliche Konzept der Jupitermission der NASA, bei der eine Sonde in eine Umlaufbahn um den Planeten gebracht werden soll, die gleichzeitig eine Atmosphären-eintauchkapsel zum Jupiter transportieren soll, wesentlich geändert werden muß. Hauptgrund hierfür ist der Zeitverzug im Space Shuttle Programm und bei der Entwicklung einer Übergangsstufe IUS.

Nach ursprünglichen Plänen sollte die Sonde JOP (Jupiter Orbiter with Probe) mit einer Gesamtmasse von 1500 kg Anfang Januar 1982 beim 23. Shuttle-Start in ein Erdorbit gebracht werden. Die dreiteilige IUS-Einheit hätte die Sonde so beschleunigt, daß sie nach einem erstmals angewandten Mars Swing By (ca. 3 Monate nach dem Start; Marsabstand 275 km; Relativgeschwindigkeit 58 600 km/h) in einer Flugzeit von 1000 Tagen den Jupiter erreicht hätte. 150 Tage (vormals waren 56 Tage angegeben) vor Erreichen der Umlaufbahn sollte die Eintauchkapsel getrennt werden, um schließlich auf der Nachmittagsseite des Planeten einzutauen.

Die Eintauchphase beginnt 110 km über der Wolkendecke, 45 km über dieser Wolkendecke beginnt die Datenübermittlung zum Orbiter, der Bremsfallschirm öffnet sich und der Hitzeschild ist abgeworfen (1,8 Min. nach dem Eintritt). 10 Min. nach dem Eintauchen wird die obere Wolkendecke erreicht. Hier entsprechen die Druckverhältnisse dem irischen normalen Bodendruck.

Man rechnet damit, daß die Sonde 60 Min. lang Daten zum Orbiter sendet. Dann wird sie 130 km unter der Wolkendecke sein und einen Druck vom 20fachen des irischen ausgesetzt sein. Hier dürfte die Temperatur bei 73 °C liegen. Der Eintauchkörper ist für Temperaturen bis 260 °C und einen Druck bis zu 300 kg/cm² ausgelegt.

Die Orbitereinheit soll (ursprünglich für Juli 1983 geplant) durch eine 50 Min.-Zündung eines relativ großen, in der BRD entwickelten Antriebssystems, im Abstand von 358 000 km vom Planeten, in eine langgestreckte Ellipsenbahn einfliegen. Die Umlaufbahn wird sich durch Fly-By's am Ganymed sehr stark verändern. So wird sich die Umlaufzeit vom ersten zum zweiten Orbit von 200° auf 94 Tage verkürzen.

Innerhalb von 20 Monaten sind 11 nahe Begegnungen mit dem Jupiter und seinen Monden Ganymed und Callisto geplant, wie auch zahlreiche Beobachtungen anderer Trabanten. Während des letzten Orbits ist die detaillierte Untersuchung des Magnetfeldsystems des Jupiter geplant. Durch die erwähnte Verzögerung ist nun der Start auf 1984 verschoben worden. Wegen der sich dann doch wesentlich geänderten Planetenkonstellation, auch der Mars kann nicht mehr so gut genutzt werden, wie sich das Gewicht der Sonde durch zusätzlichen Treibstoff auf 2000 kg erhöhen.

Dies bedeutet jedoch, daß die Kapazität des kombinierten Trägersystems überschritten wird.

Das neue Konzept sieht vor, daß Orbiter und Eintauchkapsel im Abstand von einem Monat getrennt aus dem Erdorbit gestartet werden. Somit reicht das ursprüngliche Orbitertriebwerk aus, um die Orbitersonde am Mars vorbei zum Jupiter zu führen.

Für die Kapsel muß jedoch ein Antriebs- und Orientierungssystem entwickelt werden, das den direkten Flug zum Jupiter ermöglicht. Der Eintritt wird dann vom Orbiter aus seiner dann bereits erreichten Umlaufbahn beobachtet werden.

Im Aufbau ähnelt der Orbiter etwa den derzeit in Saturnnahe arbeitenden Voyager-Sonden. Er ist mit einer 5-Meter Parabolantenne und neuen Radioisotopenbatterien ausgerüstet und besteht aus einem spinstabilisierten und einem unbestabilisierten Teil. Die eigentliche Eintauchkapsel ist am chesten mit den Atmosphären-eintauchköpfen der Pionier 13-Sonde vergleichbar.

Am 5. 10. 77 vereinbarten die NASA und die BRD-Regierung, dieses Projekt gemeinsam durchzuführen.

Folgende Instrumente kommen zum Einsatz:

<i>Eintauchkapsel</i>	
Atmosphärenstrukturinstrument	(NASA)
Neutralmassenspektrometer	(GSFC)
Helium-Masseninterferometer	(Univ. Bonn)
Nephelometer	(NASA)
Energie-Strahlungsradiometer	(NASA)
Licht- und Radioemissionsgerät	(Univ. Florida MPI – BRD)
Energie-Partikeldetektor	(Univ. Kiel)
<i>Orbiter (stabilis. Teil)</i>	
Magnetometer	(Univ. Los Angeles)
Plasmainstrument	(Univ. Iowa)
Energie-Partikeldetektor	(John Hopkins Univ. MPI – BRD)
Plasmawelleninstrument	(Univ. Iowa)
Staubdetektor	(John Hopkins Univ. MPI – BRD)
Himmelsmechanik – Experiment	(JPL)
Radioausbreitungsexperiment	(Stanford Univ.)
<i>Orbiter (unstabil. Teil)</i>	
UV-Spektrometer	(Univ. Colorado)
IR-Spektrometer	(JPL)
Photopolarimeter	(GSFC)
Aufnahmesysteme	(Kitt Park Observ.)

Literatur:
JPL – JOP – Fact Sheet 1977. – JPL 400-7/79. – Letectvi + kosmonautica.

ARNO FELLENBERG

Neue Zeitzonengrenzen in der UdSSR

Ab 1981 tritt in der UdSSR eine neue Verordnung über „Die Zeitzrechnung auf dem Gebiet der UdSSR“ in Kraft. Sie beinhaltet die Präzisierung der Zeitzonengrenzen und die Einführung der Sommerzeit für alle Zeitzonen ab 1. 4. bis 1. 10. Der Übergang zur Sommerzeit vollzog sich bereits in diesem Jahr. Die neuen Zeitzonen werden schrittweise bis 1983 eingeführt. Die alte Gliederung der UdSSR in 11 Zeitzonen stammt aus dem Jahre 1919 (einige Korrekturen 1930). Sie folgte den Längengraden, dem Lauf großer Flüsse und anderen natürlichen Gegebenheiten.

Nach der ökonomischen Erschließung großer Gebiete Sibiriens und des Fernen Ostens entwickelten sich neue ökonomische, soziale und kulturelle Beziehungen zwischen Territorien, die u. U. durch Zeitzonengrenzen voneinander getrennt waren. Diese Probleme sollen mit den neuen Grenzen gelöst werden, wobei z. B. auch Belange des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, sowie des günstigen Empfangs von Rundfunk- und Fernsehsendungen zu berücksichtigen sind.

Karte aus: Horizont 15/1981



Seminar für Sternbedeckungen

In der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ fand am 18. und 19. Oktober das erste zentrale Seminar für Beobachter von Sternbedeckungen durch den Mond statt. An diesem von den Mitarbeitern der Sternwarte im Auftrag des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Kulturbundes der DDR organisierten Treffen nahmen etwa 30 Bundesfreunde und Mitarbeiter von Volkssternwarten aus neun Bezirken der DDR teil.

Als Gast konnte der Koordinator des entsprechenden Beobachternetzes der ČSSR, Ing. Bohumil Maleček von der Sternwarte Valsáke Meziříčí, begrüßt werden.

Neben einem Kennenlernen der Sternwarte und deren technischer Ausstattung standen Vorträge und Erfahrungsbücher sowie die Kontaktaufnahme zwischen den Amateurastronomen im Mittelpunkt der Veranstaltung.

M. MÜLLER

Internationaler Erfahrungsaustausch für Kleinplanetarien

Für die Zeit vom 25.—30. 7. 80 hatte die Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse in Ungarn zu einem Erfahrungsaustausch nach Pécs eingeladen.

Die Veranstaltungen fanden im Rahmen der jährlichen Kurse der Sommeruniversität „Völkerfreundschaft“ statt, die von der TIT (Schwestergesellschaft unserer „Urania“-Gesellschaft) getragen wurden und zusätzlich zu Fachvorträgen Veranstaltungen (politische Vorträge, Informationen über Land und Leute und Freizeitprogramm) enthielt.

Die Teilnehmer kamen aus VR Bulgarien, Canada, Finnland, Jugoslawien, Österreich, UVR, VRP, DDR (Frankfurt/O., Cottbus, Schwerin, Suhl und Eilenburg). Die Gruppe der Planetariumsmitarbeiter umfaßte 18 Teilnehmer.

Die Vorträge, die durchweg von ungarischen Kollegen gehalten wurden, hatten ein gutes Niveau und gaben besonders durch die zahlreichen Diskussionen viele Anregungen zur praktischen Arbeit im Planetarium besonders für die schulische und Öffentlichkeitsarbeit. In der UVR ist Astronomie ein Teilgebieb des Physik- und Geographieunterrichts, so daß die Planetarien und Volkssternwarten von der TIT getragen werden, die große Initiativen entwickelt zur Verbreitung astronomischer

Kenntnisse. Der Sekretär der Gesellschaft der Amateurastronomen, Dr. Otto Zombor, erläuterte auch die Arbeit in diesem Bereich und regte an, mit dem ZFA Astronomie eine engere Zusammenarbeit aufzunehmen. Es ist vorgesehen, die Zusammenarbeit der beteiligten Länder in unterschiedlicher Form fortzusetzen.

E. OTTO

Über die Arbeit der Sektion Gnomonik

In Kreisen der Amateurastronomen wurde in den letzten Jahren mehrmals der Wunsch geäußert, ein Gremium zu schaffen, das sich mit der Erforschung der Sonnenuhren beschäftigt. Als auf der zentralen Tagung im Oktober 1978 in Berlin die Ziele und Aufgaben der Arbeitsgemeinschaft „Geschichte der Astronomie“ erläutert wurden, lag der Gedanke nahe, eine Sektion Gnomonik innerhalb der AG zu gründen.

Die Grundlagen für die Arbeiten der Sektion bildete eine Aufstellung von etwa 200 Sonnenuhren in der DDR, die teils in der Literatur, teils aber auch in Sammlungen (W. Hanke, Dresden und A. Zenkert, Potsdam) vorhanden waren. Daneben bestanden bereits eine Zeitschriften-dokumentation, eine Literaturübersicht sowie zahlreiche Bilder und eine umfangreiche Diasammlung.

Als Ergebnis eines Aufrufes in der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ meldeten sich 12 Interessenten für diese Tätigkeit. Die erste Beratung wurde am 9. Juni 1979 in der Archenthal-Sternwarte Berlin-Treptow durchgeführt, auf der das Programm, die Ziele und Aufgaben der Sektion festgelegt wurden:

- Erfassung und Beschreibung historisch wichtiger und künstlerisch wertvoller Sonnenuhren in der DDR. Darüber hinaus gilt dies auch für Objekte mit einer gewissen Originalität.
- Enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Denkmalpflege, um wertvolle ortsfeste Sonnenuhren erforderlichenfalls unter Denkmalschutz zu stellen bzw. zu restaurieren.
- Zusammenarbeit mit der Städteplanung und den Bauämtern, um Anregungen und Ratschläge bei der Anlage von Sonnenuhren in Städten, Dörfern, Gärten und auf Plätzen zu geben. Die Sonnenuhr soll mehr als bisher als Gestaltungs- und Schmuckelement in unseren Neubauvierteln berücksichtigt werden.

- Popularisierung der Arbeitsergebnisse durch Vorträge und Veröffentlichung. Weiterer Ausbau der Dokumentation sowie der Sammlungen von Fotos und Dias. Vorerst galt es, ein möglichst umfassendes Bild aller in unserer Republik vorhandenen Sonnenuhren zu bekommen. Dieses Vorhaben konnte aber nur durch eine breite Publikationsarbeit erfolgreich sein. Für die Presse und den Rundfunk, die unsere Tätigkeit bereitwillig und großzügig unterstützen, war die Suche nach Sonnenuhren ein interessantes und dankbares Sujet. Auch in Fachzeitschriften konnten Beiträge zur Gnomonik sowie über die Aufgaben der Sektion mit der Bitte um Untersetzung veröffentlicht werden. Groß war der Kreis von Privatpersonen, die rasch reagierten. Die Meldungen waren in ihrer Aussage sehr unterschiedlich, sie umfassten teils eingehende Beschreibungen mit Bildern teils aber nur die Angabe des Standortes. Daraus ergaben sich zahlreiche Rückfragen, um die Angaben präzisieren zu können.

Mit den Meldungen über die Standorte kamen auch Angebote, in der Sektion Gnomonik mitzuwirken und ihre Erfahrungen und Kenntnisse auf dem Gebiet der Heimatsforschung und Denkmalpflege zur Verfügung zu stellen. Für das Gelingen der Arbeit sind die Ortskenntnisse dieser Mitarbeiter sehr entscheidend. Ferner konnte eine Reihe von Veröffentlichungen in der heimatkundlichen Literatur der Arbeit zugänglich gemacht werden.

Über die Tätigkeit der Sektion wurde im Rahmen eines Kolloquiums der Arbeitsgemeinschaft „Geschichte der Astronomie“ am 23. 1. 1980 in der Archenhold-Sternwarte Berlin von A. Zenkert referiert. Am 20. 9. 1980 trafen sich 15 Mitarbeiter der Sektion in Berlin, um Tätigkeitsberichte aus den Bezirken entgegenzunehmen sowie Leitlinien für die künftige Arbeit festzulegen. Neben einem engeren Mitarbeiterkreis besteht noch der erweiterte mit insgesamt 60 Tätern auf dem Gebiete der Sonnenuhrenforschung. Herr Liebenow, Berlin, fungiert als Verbindungsman zu Bundessekretariat des Kulturbundes der DDR sowie zu Denkmalpflege. Mit der Forschungsstelle des Mathematisch-Physikalischen Salons in Dresden wird ein reger Gedanken- und Erfahrungsaustausch gepflegt.

Über die Anzahl der gemeldeten Sonnenuhren informiert nachstehende Übersicht (Stand vom 25. 3. 1981):

Bezirk	Anzahl	davon mittel- der Sonnenuhren	davon mittel- alterliche Sonnenuhren vor 1500
Berlin, Hauptstadt der DDR	15	—	—
Cottbus	28	—	—
Dresden	101	—	—
Erfurt	81	11	—
Frankfurt/Oder	18	—	—
Gera	25	1	—
Halle	53	2	—
Karl-Marx-Stadt	52	1	—
Leipzig	32	—	—
Magdeburg	36	2	—
Neubrandenburg	31	7	—
Potsdam	48	1	—
Rostock	52	11	—
Schwerin	20	2	—
Suhl	30	3	—
Insgesamt	621	41	—

Ein besonders aufschlußreiches und bisher wenig behandeltes Teilgebiet der Gnomonik sind die mittelalterlichen Sonnenuhren aus der Zeit vor 1500, die noch waagerechte Schattenstäbe verwendet wurden. In der Literatur findet

man für diese nicht sehr auffälligen Objekte an alten Kirchen die Bezeichnung „nordische“ Sonnenuhren. Noch bis vor 10 Jahren bestand allgemein die Ansicht, daß sich diese alten Sonnenuhren, bei denen es sich um keine Stundeneinteilung, sondern vielmehr um eine Tageseinteilung handelte, auf den thüringischen Raum sowie das Gebiet westlich der Elbe beschränkten. Als Beispiele seien die Städte Mühlhausen und Heiligenstadt mit allein 10 Objekten erwähnt. In den vergangenen Jahren konnten von I. Eichhorn, W. Lübstorf, H. Vilkner, H. Rau und W. Hanke namentlich in den Bezirken Neubrandenburg und im östlichen Teil des Bezirks Rostock 18 derartige mittelalterliche Sonnenuhren entdeckt und z. T. auch schon beschrieben werden. Planmäßige Suchaktionen an alten Kirchen sind erforderlich, um noch weitere Sonnenuhren aus der Zeit vor 1500 aufzufinden.

Mit der Erfassung und Katalogisierung der Sonnenuhrenstandorte ist der 1. Abschnitt in der Arbeit der Sektion Gnomonik im wesentlichen abgeschlossen. Die eingehende Beschreibung sowie bildliche Darstellung der Objekte bedeutet einen sehr arbeitsintensiven Abschnitt in der Tätigkeit der Sektion, mit dem Abschluß dieser Arbeit ist im ersten Halbjahr 1982 zu rechnen.

Für die Beschreibung der Standorte werden Karteblätter im Format A 5 verwendet, die folgende Angaben enthalten: Ort, Kreis, genauer Standort (Straße, Nr.), Art der Sonnenuhr, kurze Beschreibung des Objektes (Größe, Material, Besonderheiten), Erhaltungszustand, Jahr der Herstellung, Hersteller, Bearbeiter, Datum der Bearbeitung. Jede Beschreibung wird durch ein Foto möglichst im Format 13 mal 18 cm, veranschaulicht.

Die Tätigkeit der Sektion hat in vielen Orten bzw. Kreisen Aktivitäten ausgelöst, die sich in das Gesamtbild der sozialistischen Heimatsforschung einordnen und teilweise auch zahlreiche Neuentdeckungen gebracht haben. So hat sich z. B. unter Leitung von M. Kahlmeyer im Eichsfeld eine Arbeitsgruppe Gnomonik gebildet, die über 40, bisher nicht bekannter Sonnenuhren, eingehend beschrieben haben.

Nach Abschluß der Beschreibung erfolgt die Auswertung nach bestimmten Kriterien sowie die Auswahl derjenigen Objekte, die dringend restaurierungsbedürftig und daher an die Denkmalpflege zu melden sind. Für 1982/83 sind Veröffentlichungen von Übersichten historisch bedeutsamer und künstlerisch wertvoller Sonnenuhren vorgesehen. Ein gnomonisches Kartenwerk, in dem die verschiedenen Arten von Sonnenuhren durch unterschiedliche Signaturen dargestellt werden, ist für 1984/85 geplant.

Als Leit- und Meldestelle fungiert das Astronomische Zentrum „B. H. Bürgel“, 1500 Potsdam, Neuer Garten 6, (Tel.: 22447), das Hinweise sowie Meldungen über Standorte von Sonnenuhren entgegennimmt.

A. ZENKERT
Ltr. d. Sektion Gnomonik

Verkaufe Refraktor 150/2250 auf sehr kräftiger parallaktischer Präzisionsmontierung, AS-Objektiv, binokularer Ansatz, ungebraucht, dazu Kuppeldachmaterial u. Projektzeichnung. Preis 14,5 TM. - Edgar Beer, 1199 Berlin, Glienicker Weg 100.

Astronomie und Raumfahrt (1973-1980, gut erhalten und vollständig) abzugeben. Preis pro Heft: 0,75 M. - Paul Wende, 1420 Velten, b. Bln., Mittelstr. 20

Suche Flintglasprisma, 45°, 60-70 mm-Kantenlänge. Angebote an André Winzer, 7500 Cottbus, Zittauer Str. 18

Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen März und April 1981

Tag	März	April	Tag	März	April
1	147	132	16	128	197
2	182	170	17	109	213
3	169	148	18	95	214
4	183	151	19	86	203
5	141	157	20	120	199
6	138	132	21	135	170
7	130	152	22	134	122
8	142	195	23	121	108
9	124	199	24	125	92
10	127	199	25	142	119
11	130	200	26	133	90
12	128	193	27	126	73
13	127	197	28	135	72
14	128	180	29	160	106
15	110	212	30	184	92
			31	108	
Mittel				133,8	156,2

A. KOECKELENBERGH

AUS d. LITERATUR

Neue Zwerggalaxie der Lokalen Gruppe

Bei dieser Galaxie (bisherige Bezeichnung LGS 3) handelt es sich um die kleinste und schwächste aller bisher bekannten Galaxien der Lokalen Gruppe. In ihrer absoluten Helligkeit und in der Masse unterscheidet sich diese extreme Zwerggalaxie nicht sehr von den größten Kugelsternhaufen unseres Milchstraßensystems, ist aber in ihrer Ausdehnung viel größer und hat eine viel geringere Oberflächenhelligkeit. Die lineare optische Größe von LGS 3 wurde zu 450×900 Parsec bestimmt, wogegen der typische Durchmesser der Kugelsternhaufen etwa 50 Parsec beträgt. Die Zugehörigkeit dieser Zwerggalaxie zur Lokalen Gruppe wurde daraus geschlossen, daß die heliozentrische Radialgeschwindigkeit von LGS 3 -280 km s^{-1} beträgt und es gelang, diese Zwerggalaxie auf dem Palomar Sky Survey in Einzelzonen aufzulösen. Für die Zugehörigkeit zur Lokalen Gruppe gibt es kinematische Kriterien, die auch von dieser Galaxie erfüllt werden. LGS 3 befindet sich am Himmel in der Nähe von M 33 und hat eine heliozentrische Radialgeschwindigkeit, die der von M 33 nahekommt. Daraus läßt sich schließen, daß LGS 3 ein Begleiter von M 33 ist und sich in einem Abstand von 157 Kiloparsec von ihr befindet.

Literatur: Astrophysical Journal, Vol. 232, No 1, Part 2

Periodische Aktivität in Sternen

Unsere Sonne ist wegen ihrer Nähe der einzige Stern, auf dem man Flecken als Zeichen ihrer Aktivität beobachten kann. Aus Sonnenbeobachtungen im integrierten Licht konnte jedoch festgestellt werden, daß die im Zentrum der H- und K-Linien des ionisierten Kalziums erkennbaren Emissionslinien der Sonnenchromosphäre in ihrer Intensität eine messbare Korrelation mit dem elfjährigen

Fleckencyklus erkennen lassen. Wenn auch andere Sterne so wie unsere Sonne in ihrer Aktivität veränderlich sind, müßte man auch bei ihnen Änderungen der Intensitäten dieser Emissionskerne der H- und K-Linien erkennen können. Zur Klärung dieser Frage werden seit vielen Jahren mit dem 100-inch-Teleskop auf dem Mount Wilson 91 Sterne der Hauptreihe spektroskopisch überwacht. In elf Jahren wurden mehr als 12000 spektroskopische Registrierungen gewonnen. Aus diesen ließ sich feststellen, daß wahrscheinlich alle Sterne zeitlich veränderliche Aktivitätserscheinungen, die einige Tage, manchmal sogar Jahre andauerten. Viele Sterne zeigen ein langzeitiges zyklisches Verhalten. Der kürzeste gemessene Zyklus beträgt sieben Jahre, während die längsten Zyklen aus den bisher zur Verfügung stehenden Meßdaten auf etwa 20 Jahre geschätzt werden können. Im Hinblick auf die Tatsache, daß unsere Sonne nicht immer aktiv war, ist die Kenntnis des Anteils der sonnenähnlichen Sterne mit zyklischer Aktivität von großem Interesse. Es ließe sich daraus die Zeit bestimmen, die diese Sterne in zyklisch aktiver Phase existieren. Daraus würde sich ableiten lassen, wann eventuell ein nächstes Maunder-Minimum zu erwarten wäre.

Literatur: Mercury, Vol. VIII, No. 1 (1979)

Neue Gruppe von Planetoiden

Vor Jahren wurde der erste Planetoid mit einer Bahn kleiner als die der Erde entdeckt. Dieser kleine Planet (1976 AA) wurde nach dem ägyptischen Sonnengott Aten genannt. Schon bald darauf wurde ein weiterer Planetoid (1976 UA) gefunden, der eine ähnliche Bahn wie 1976 AA hat. Im September 1978 konnte ein dritter Planetoid mit ähnlichen Bahneigenschaften (1978 RA) entdeckt werden. Diese drei Planetoiden faßt man zur ATEN-Gruppe zusammen. Damit unterscheidet man sie von denen der APOLLO-Gruppe, die ebenfalls die Erdbahn kreuzen, aber eine Umlaufperiode von mehr als einem Jahr haben. Nach der Entdeckung von 1978 RA wurde bei weiteren Beobachtungen festgestellt, daß seine Bahn ungewöhnlich ist. Ein Vergleich mit bereits beobachteten Planetoiden erbrachte den Beweis, daß 1978 RA mit dem Planetoiden 1975 TB identisch ist, von dem keine Bahnberechnung vorlag. Jetzt war es möglich, aus den Positionen der Jahre 1975 und 1978 eine genau Bahnbestimmung vorzunehmen: Ein Umlauf um die Sonne dauert 227 Tage und ist damit der kürzeste aller bisher bekannten Planetoiden. Die Bahnexzentrizität hat einen Wert von 0,43 und das Perihel liegt mit 70 Millionen Kilometern gerade noch außerhalb der Merkurbahn. Demzufolge befindet sich dieser Planetoid größtenteils innerhalb der Erdbahn. Er kann immer nur in Abständen von drei Jahren beobachtet werden, wenn er sich von der Sonne aus gesehen gerade hinter der Erde befindet. Aus photoelektrischen Beobachtungen kann geschlußfolgert werden, daß seine Rotationsperiode etwa 12 h beträgt und daß auf dem Planetoiden kohlenstoffhaltige Verbindungen vorkommen. Dieser Planetoid kann deshalb zum seltenen Typ der Steinmeteore in Beziehung gebracht werden, die Kohlenstoff, Wasserstoff und andere flüchtige Substanzen enthalten. Eine intensive Suche nach weiteren Planetoiden innerhalb der Erdbahn wurde eingeleitet.

Literatur: Messenger, No. 15. Dezember 1978

Verläßt ein Stern unsere Galaxis?

Nimmt man an, daß sich die Sonne mit 270 km s^{-1} um das galaktische Zentrum bewegt, dann beträgt die galaktozentrische Geschwindigkeit von HD 27507 368 km s^{-1} . Dieser Wert übersteigt die für unsere Galaxis angenommene Entweichgeschwindigkeit von 360 km s^{-1} .

Folglich muß dieser Stern theoretisch unsere Galaxis verlassen. Doch zwei Einwände lassen diesen Schluß nur unter Vorbehalt zu. Erstens kann der wirkliche Wert der Entweichgeschwindigkeit größer sein (Schmidt: $380 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$). Zweitens ist die galaktozentrische Geschwindigkeit von HD 27507 durch Beobachtungsfehler verfälscht. Eine Verkleinerung der Eigenbewegung in Deklination um ihren wahrscheinlichen Fehler ohne eine Änderung der Radialgeschwindigkeit und des Entfernungsmoduls ergibt eine Entweichgeschwindigkeit von nur $352 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Die Wahrscheinlichkeit des Zutreffens einer solchen Variation nur eines Parameters beträgt ein Viertel, die aller drei $1/64$, was auf eine galaktozentrische Geschwindigkeit von $347 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ führt. Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung von Sternen mit $10 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ unterhalb der Entweichgeschwindigkeit ist fünfmal geringer als die Entdeckung solcher mit $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. A. Przybiski folgert nun, daß HD 27507 nicht weiter als bis auf $10 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ an die Entweichgeschwindigkeit herankommt. Daraus schließt er, daß der minimale Wert der Entweichgeschwindigkeit nahe der Sonne $378 \pm 20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ beträgt.

Literatur: Publ. of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 90, No. 536

Satellitengestütztes Such- und Rettungssystem

1982 wollen die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA, die französische Organisation CNES und das kanadische Ministerium für Nachrichtenwesen einen großangelegten Betriebsversuch für ein satellitengestütztes Such- und Rettungssystem SARSAT (Satellite Aided Search and Rescue System) beginnen, nachdem durch verschiedene vorangegangene Experimente, unter anderem in Kanada mit einem OSCAR-Amateurfunksatelliten nachgewiesen werden konnte, daß über Satelliten (simulierte) Unglücksstellen kurzzeitig mit hinreichender Genauigkeit zu orten sind. Für das für 15 Monate geplante Experiment sollen ein oder mehrere NOAA-Wettersatelliten mit Transpondern für die international festgelegten Notruf Frequenzen $121,5 \text{ MHz}$, 243 MHz und 400 MHz ausgestattet werden. Auf der Erde ist ein Netz von Bodenstationen und Leitstellen für Rettungseinsätze geplant. Eine Reihe von Schiffen und Flugzeugen soll mit Notrufsendern und Funkbaken ausgestattet werden. Die polar umlaufenden Satelliten erfassen die Erdoberfläche je Satellit innerhalb von 12 Stunden einmal und können alle hier abgestrahlten Notrufsignale aufnehmen und an Bodenstationen weiterleiten, wo auf Grund des Dopplereffektes die Ortung der Unglücksstellen erfolgt.

Ziel des Experiments ist es, internationale Vereinbarungen über Betrieb und Betriebsbedingungen eines solchen weltweiten Systems einschließlich der Fixierung von Mindestbedingungen für die Ausstattung von Schiffen und Flugzeugen vorzubereiten. Zahlreiche weitere Staaten, u. a. die UdSSR, die ein ähnliches System COSPAS plant, haben ihr Interesse an der Teilnahme bekundet.

Literatur: nachrichten - elektronik, 34 (1980) 9, S. 310

Führer Beobachtungen zum Ziel?

Seit Joseph Webers verfrühten Erfolgsmeldungen wird von verschiedenen Arbeitsgruppen mit erheblichem experimentellen Aufwand bisher vergleichbar versucht, Gravitationswellen direkt im Labor nachzuweisen. Im Gegensatz dazu scheint der indirekte Nachweis von Gravitationswellen mit Hilfe astronomischer Beobachtungen gelungen zu sein. 1974 entdeckten die amerikanischen Radioastronomen R. A. Hulse und J. A. Taylor den Pulsar PSR 1913 + 16 als Mitglied eines engen Doppelsternsystems, der seinen unsichtbaren Begleiter in nur 7.75 h umkreist. Mit dem Pulsar, der eine Rotationsperiode von 59 ms hat, umläuft eine außer-

ordentlich genaue „Uhr“ den Hauptstern, so daß es möglich sein müßte, eine Reihe von Voraussagen der Allgemeinen Relativitätstheorie zu überprüfen. Es wurde ermittelt, daß sich die Bahnebene um etwa 49° pro Jahr dreht (beim Merkur: $09^{\circ} 0001/\text{a}$). Das sensationelle Ergebnis der Beobachtung ist jedoch, daß die Umlaufzeit des Doppelsterns um etwa $0,1 \text{ ms}$ pro Jahr abnimmt. Einen Effekt dieser Größe erwartet man aber gerade als Folge des Energieverlustes des Doppelsterns durch Abstrahlung von Gravitationswellen. In normalen, engen Doppelsternsystemen sucht man nach anderen Effekten. Das scheint beim Doppelstern Z Cha (Sternbild Chamäleon) gelungen zu sein. Hier umlaufen sich ein weißer Zwerg von $0,35$ und ein Begleiter von $0,16$ Sonnenmassen bei einem Abstand von nur $0,6$ Sonnenradien in 10 Minuten. Der weiße Zwerg zieht aus dem Begleiter einen ständigen Massenstrom zu sich, der aber nicht auf den Zwerg direkt fällt, sondern zunächst in einer Gas Scheibe um diesen herum gelangt. Dort, wo die Materie mit der Scheibe zusammenstößt, bildet sich ein heißer Fleck, der heißer ist als die Scheibe in seiner Umgebung. Pro Jahr strömen 4×10^{-11} Sonnenmassen in und durch die Scheibe zum weißen Zwerg. Das ist etwa 100 mal mehr, als man aufgrund bisheriger Modellvorstellungen erwarten würde. Dieser zu starke Massenstrom kann gerade durch die Abstrahlung von Gravitationswellen in der von Einstein vorausgesagten Stärke erklärt werden, weil dadurch dem Doppelstern Energie entzogen wird, so daß sich der Abstand der Sterne verringert, der weiße Zwerg mehr Masse aus seinem Begleiter zieht.

Literatur: Umschau 80 (1980) 17, S. 538

Langsamere Sonnenflecken

Schon vor 250 Jahren hatte Scheiner bemerkt, daß Sonnenflecken in höheren solaren Breiten langsamer rotieren als am Sonnenäquator. Es galt als gesichert, daß diese differentielle Rotation der Sonnenoberfläche zeitlich konstant ist und nicht vom Sonnenfleckenzzyklus abhängt. Sechs englische Astronomen vom Royal Greenwich Observatory (Herstmonceux) behaupten nun, daß die Periode deutlich länger sei, wenn die Fleckenzahl groß ist, d. h., daß die Sonnenrotation in großen Breiten doch vom Sonnenzyklus abhängt. Die Autoren haben für ihre Untersuchungen die Platten der Maxima 1884 und 1957 neu ausgewertet und die Positionen von gut definierten einpolaren Flecken vermessen. Zwischen diesen beiden Zyklen war die Sonnenfleckenzzykluszeit etwa auf das Dreifache angewachsen. Die Geschwindigkeit am Äquator war gleichgeblieben, aber die Flecken in großen Breiten waren langsamer geworden. Bei einer Breite von 30° betrug die Verlängerung der Rotationszeit einen halben Tag. Derzeit läßt sich noch nicht erklären, warum die differentielle Rotation von der maximalen Fleckenanzahl dieses Zyklen abhängt.

Literatur: SuW 18 (1979) 11, S. 384

Sternhaufen und ihr Zerfall

Obwohl die Anzahl offener Sternhaufen in unserer Galaxis bei mehreren Zehntausend liegt, enthalten sie nur etwa zehn Millionen Sterne der galaktischen Scheibe, deren 100 Milliarden Sterne sich aber wahrscheinlich nicht einzeln sondern in Haufen gebildet haben. Verschiedene Ursachen können einen Stern zum Verlassen eines Haufens veranlassen. Jeder Sternhaufen ist von Feldsternen umgeben, deren Anziehungskraft verschiedene Haufenmitglieder auf weiter außen liegende Bahnen bringen kann. Auf diese Art bildet sich eine „Korona“ aus Sternen. Solche Strukturen werden oft beobachtet, bei Praesepe und den Plejaden gehören zwei Drittel der

Mitglieder zu einer solchen Korona. Nach Agekyan und Belozerova (Leningrad) hat ein typischer offener Sternhaufen einen Koronaradius von etwa 7 pc. Das ist gleichzeitig der Grenzradius für die innere Stabilität des Haufens gegen Gezeitenkräfte aus der Galaxis. Die Korona eines Kugelhaufens hat einen Radius von 500 pc. Das entspricht dem fünfzehnen „Gezeitenradius“, so daß eine solche Korona allmählich verarmt. Die Korona eines offenen Haufens bleibt hingegen erhalten und dehnt sich durch die Anziehungskraft der umgebenden Feldsterne allmählich aus, wodurch sie die dichten zentralen Teile des Haufens langsam aufloßsen. Die galaktische Scheibe besteht demnach zum großen Teil aus Sternen aufgelöster offener Sternhaufen, deren gemeinsamer Ursprung noch eine Weile nach dem Zerfall an der gleichgerichteten Bewegung benachbarter Sterne erkennbar ist.

Literatur: *Sky and Teleskope* 58 (1979) 1, S. 11

Astronomischer Büchertisch

Aus dem Angebot von DDR-Verlagen auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1981

1. Neuerscheinungen

Ahnert, Paul, Kalender für Sternfreunde 1982. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 192 S., 52 Abb., Bestell-Nr. 793 646 3 - 4,80 M

Conrad, Walter, Vom Jakobstab zur Satellitennavigation. „akzent“-Reihe Nr. 42, Urania-Verlag Leipzig Berlin Jena, 128 S., 56 Abb., Bestell-Nr. 653 589 5 - 4,50 M

Feyl, Renate, Der lautlose Aufbruch. / Elf Wissenschaftlerinnen werden in biographischen Skizzen vorgestellt u. a. Karoline Lukretia Herschel und Lise Meitner. / Verlag Neues Leben Berlin, 200 S., Bestell-Nr. 643 127 9 - 8,70 M

Gloede, Wolfgang, Riesen und Zwergen der modernen Technik. / Vom Elektronenmikroskop, Spiegelteleskop, Radioteleskop u. v. a./ Edition Leipzig Verlag für Kunst und Wissenschaft, 224 S., 77 Zeichnungen, 56 Tafeln, 75 Abb., Bestell-Nr. 593 001 7 - 39,80 M

Herrmann, Dieter B., Von Sternen und Feuerrädern. / Für Leser von 10 Jahren an/ Verlag Junge Welt Berlin, 64 S. mit vielen Illustr., Bestell-Nr. 683 366 5 - 10,50 M

Herrmann, Dieter B., Das Sternguckerbuch. Verlag Neues Leben Berlin, 320 S., 50 Fotos u. viele Zeichnungen, Bestell-Nr. 642 950 7 - 9,80 M

Herrmann, Dieter B., Besiedelt die Menschheit das Weltall? „akzent“-Reihe Bd. 50, Urania-Verlag Leipzig Berlin Jena, 128 S., etwa 50 Abb., Bestell-Nr. 65 368 12 - 4,50 M

Hermann, J. B., Planiglobii Terrestris cumutroq Hemisphaerio Caelesti / farbige, prächtig ausgestattete Weltkarte aus dem 18. Jh., dazu in gleicher Weise den nördlichen u. südlichen Sternhimmel/ Format 61 x 57 cm, mit Köcher, VEB Hermann Haack Gotha Bestell-Nr. 966 491 6 - 26,- M

Kaden, Friedrich, Rund um die Astronomie. / Ab 12 Jahre/ Der Kinderbuchverlag Berlin, 143 S. mit vielen Abb., Bestell-Nr. 630 545 9 - 17,80 M

Kufner, A., Raum und Entfernung / Mathematische Schülerbücherei/ BSB B. G. Teubner Verlag Leipzig, 88 S., 32 Abb., Bestell-Nr. 666 028 2 - 5,80 M

Landdeck, Horst, Alte Uhren - neu entdeckt/Geschichte, Gang und Spiel - von einem Meister vorgestellt/ VEB Verlag Technik Berlin, 160 S., 70 Bilder, 1 Tafel, 1 Schallplatte Bestell-Nr. 552 965 3 - 25,- M

Marguert, Klaus, Raumstationen /Über die Zukunft der benannten erdnahen Raumfahrt „akzent“-Reihe, Urania-Verlag Leipzig Berlin Jena, 128 S., 13 Farbfotos, 28 vierfarbige Zeichnungen, Bestell-Nr. 653 641 7 - 4,50 M

Medizinisch-anstronomischer Volkskalender / Hrsg. von Hans-Joachim Poockern/ Edition Leipzig Verlag für Kunst und Wissenschaft, 192 S., darin 62 faksimilierte Blätter mit 48 Farbabdr. Bestell-Nr. 592 877 7 - 160, M Nowikow, I. D., Schwarze Löcher im All. Verlag MIR Moskau und BSB B. G. Teubner Verlag Leipzig, 84 S. mit 8 Abb., Bestell-Nr. 666 035 4 - 5,50 M

Schlicker, W., Albert Einstein - Physiker und Humanist. /Illustrierte historische hefte, Nr. 26/ VEB Verlag der Wissenschaften Berlin, 44 S., 60 Abb., Bestell-Nr. 570 864 3 - 3,50 M

Seidel, Helmut, Von Aristoteles bis Bruno. Dietzverlag Berlin, 250 S. Bestell-Nr. 737 459 5 - 2,50 M

Selschnikow, Semen I., Wieviel Monde hat ein Jahr? /Kalendergeschichten/, Urania-Verlag Leipzig Berlin Jena, 250 S., 37 Zeichnungen, 10 Porträtfotos und 30 Tabellen, Bestell-Nr. 653 665 2 - 9,80 M

Stache, Peter, Raketen. „transpress“-Taschenbuch, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin, 176 S., 300 Abb. Bestell-Nr. 565 996 8 - 24,- M

Thiele, R., Leonard Euler. BSB B. G. Teubner Verlag Leipzig, 160 S. mit 33 Abb. Bestell-Nr. 666 045 0 - 6,80 M

20 Jahre bemannter Weltraumflug, Haack - aktuelle Karte, VEB Hermann Haack Gotha, Bestell-Nr. 966 479 9 - 2,- M

2. Nachauflagen

Dautcourt, Georg, Was sind Pulsare? /, überarbeitete Auflage, BSB B. G. Teubner Verlag Leipzig, 108 S., 21 Abb., Bestell-Nr. 665 706 7 - 9,80 M

Drößler, Rudolf, Als die Sterne Götter waren. /Sonne, Mond und Sterne um Spiegel von Archäologie, Kunst und Kultur/ 3. Auflage, Prisma-Verlag Leipzig, 296 S., 84 Fotos, 127 Zeichnungen und 3 Karten, Bestell-Nr. 790 721 6 - 16,- M

Herrmann, Dieter B., Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzsprung, 3. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 282 S., 73 Abb., 1 Farbtafel, Bestell-Nr. 570 329 5 - 12,80 M

Herrmann, Dieter B., Kosmische Weiten. /Geschichte der Entfernungsmessung im Weltall/ 2. Auflage, Johann Ambrosius Barth Verlag Leipzig, 95 S., 18 Abb., 10 Tabellen, Bestell-Nr. 793 503 0 - 9,60 M

Hertzsprung, Ejnar, Zur Strahlung der Sterne, Herausgegeben von Dieter B. Herrmann, 2., überarbeitete Auflage, Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften Bd. 255, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig, 100 S., 6 Abb., Bestell-Nr. 669 720 2 - 14,- M

Reichstein, Manfred, Die Erde - Planet unter Planeten. 2. Auflage, Verlag Neues Leben Berlin, 276 S. mit vielen Abb., Bestell-Nr. 642 865 1 - 17,80 M

Schmutzler, Ernst, Relativitätstheorie - aktuell. 2. Auflage, BSB B. G. Teubner Verlag Leipzig, 100 S., 30 Abb., Bestell-Nr. 665 922 2 - 15,- M

Sharkow, W. N., Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten, Kleine Naturwissenschaftliche Reihe Bd. 35.2. Aufl., Verlag MIR und BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 124 S., 21 Abb., Bestell-Nr. 665 771 0 - 7,- M

Zusammengestellt von: BRIGITTE GOTZ, Wissenschaftl. Mitarbeiterin, Archenhold-Sternwarte

REZENSIONEN



Wissenschaft und Menschheit 1980

Jährlich erscheint in der DDR dieses internationale Jahrbuch, das sich zu einem Prachtband entwickelt hat und eine Sammlung von Aufsätzen bekannter Wissenschaftler verschiedener Disziplinen enthält. Im Band für 1980 werden Autoren aus acht Ländern vorgestellt, darunter aus der DDR Prof. Dr. J. Herrmann mit einem Beitrag über archäologische Forschung zur Kulturgeschichte und Sigmund Jähn mit „Salut 6 – Sojus 29 – Sojus 31“.

Für den an Astronomie und Raumfahrt interessierten Leser sind aus dem Inhalt zu empfehlen: „Philosophie und Wissenschaft“ (P. N. Fedossejew) vermittelt Einblicke in den Prozeß zunehmender „Reintegration“ von Philosophie und einzelwissenschaftlichen Erkenntnissen in der gegenwärtigen Forschung. Unter der Rubrik „Weltraum“ kommen Teilnehmer am bemannten Interkosmos-Programm (Renek, CSSR; Hermaszewski, VRP; Jähn, DDR) mit Berichten über ihre wissenschaftliche Mission während der Flüge zu Wort. G. A. Gursadjans Beitrag „Ultraviolettabervatorium auf der Umlaufbahn“ (Orion II) gewährt Einblicke in astrophysikalische Zusammenhänge bei Vorgängen imstellaren und interstellaren Medium. Die „Entstehung von Kristallen in der Schwerkraftlosigkeit“ beschreiben tschechische Autoren unter der Rubrik „Technik“. Sie zeigen, welche Rolle kosmische Technologien für den iridischem Plan „Wissenschaft und Technik“ spielen.

Unter „Chronik der Wissenschaft“ kann man sich über den 6 m-Spiegel sowie über die Entdeckung der 3 K-Strahlung informieren.

Das besondere Merkmal dieses internationalen Jahrbuches der Wissenschaften: Faßliche und exakte Darstellung bilden eine Einheit. Gestalterisch läßt dieser Band kaum Wünsche offen.

WOLFGANG KÖNIG

Wissenschaft und Menschheit 1980. Internationales Jahrbuch. Verlag Svanie, Moskau und Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin 1980. 400 S., zahlreiche Abb.; Best.-Nr. 653 648 4. – EVP: 18 M.

Die Kunst Sonnenuhren auf das Papier oder eine Mauer zu zeichnen.

Durch Hülfe des jeglichen Orts gewöhnlichen Werkmaßs, oder auch mittels des Halbzirkels.

Nebst sieben Kupfertafeln, mit begleitenden Tabellen.

Zum Gebrauche der Werkeleute, als Maurern, Zimmerleuten und andern Liebhabern dieser nützlichen Wissenschaft.

Von Lukas Voch, Ingenieur und Architekt, auch der Kaiserlichen Akademie freyer Künste und Wissenschaften Ehrenmitglied.

Augsburg, bey Matthäus Riegers sel. Söhnen. 1778.

Reprint-Publikationen erschließen interessierten Lesern und Bibliophilen Schätze des Wissens aus der Vergangenheit, wie man sie nur in Bibliotheken und Sammlungen besichtigen kann. Nachdem die erste Auflage des Nachdruckes eines für die 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts maßgeblichen Werken der Sonnenurenkunst rasch vergriffen war, liegt jetzt die von vielen Interessenten gewünschte Neuauflage vor. Als Herausgeber zeichnet das Zentralantiquariat der DDR, Leipzig 1980 für den Verlag Georg D. W. Callwey, München. (Preis: 30 M.) Die 35 Textseiten befassen sich nach einem kurzen historischen Vorbericht mit der Konstruktion von folgen-

den Arten von Sonnenuhren: Horizontale, vertikale Süd Uhr (Mittagsuhr), vertikale Norduhr (mitternächtige Sonnenuhr), polare Ostuhr bzw. Westuhr (Morgen- bzw. Abenduhr) und abweichende (deklinierende) Vertikaluhr. Für die zuletzt genannte Art, die an einem Beispiel einer um 25° nach Osten und Westen abweichenden Sonnenuhr demonstriert wird, wird eine Anleitung zum Gebrauch des Abweichungsgerätes (Deklinatorium) gegeben.

Nach Formeln sucht man in diesem Werk vergleichbar. Auf sieben Tafeln sind alle Werte für das Zeichnen der Stundenlinien zu finden. Der Gültigkeitsbereich erstreckt sich zwischen 46° und 54° geogr. Br. In seiner knappen Darstellung ist das Büchlein eine sehr gute Anweisung für die Herstellung der verschiedenen Arten von Sonnenuhren. Für die Konstruktion der Stundenlinien können sowohl die Maßzahlen (sogen. Werkschuh) als auch die Angaben in Grad und Bogeminuten verwendet werden. Für 243 Orte wird die geographische Breite auf die Genauigkeit von einer Bogeminute gegeben. Die geographische Länge spielte damals für die Ermittlung der Ortszeitdifferenz keine Rolle, da erst 100 Jahre später Einheiten eingeführt wurden.

Die Konstruktionsvorlagen und Berechnungsschemata können auch heute noch bedenkenlos für die Herstellung von Sonnenuhren verwendet werden, sieht man einmal von den nicht mehr gebräuchlichen Längenangaben in Zoll, Linien und Punkten ab.

In seiner barocken Sprache ist das Büchlein auch heute noch allgemeininteressant und erinnert uns im Zeitalter der Taschenrechner an die hohe Kunst der Sonnenuhrenherstellung vor 200 Jahren.

ARNOLD ZENKERT

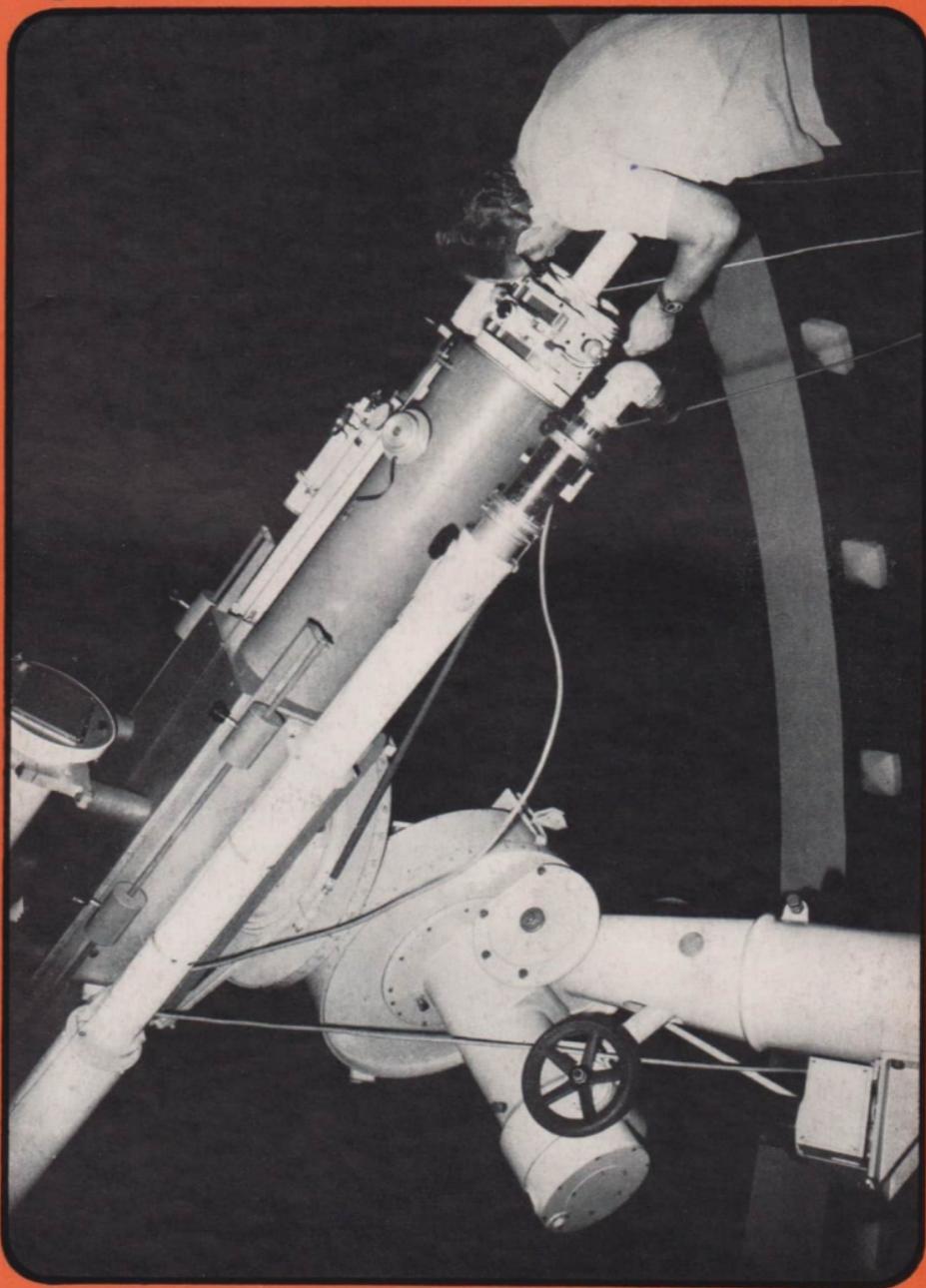
Vorschau auf Heft 5/81

- Neutronensterne, ein Endstadium der Sternentwicklung
- Planetenparade, „Jupitereffekt“ und Überlebenspäckchen
- Grundlagen der Raumflugbahnmechanik (III)
- Photometrische Sonnenfleckenspositionsbestimmung
- John Dolland und die ... achromatischen Fernrohrobjective

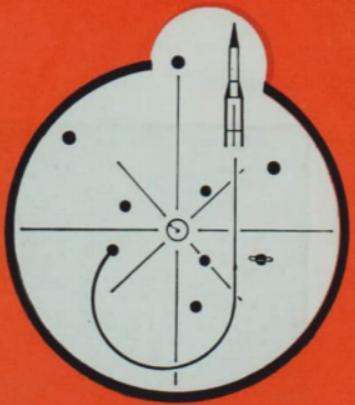
Unsere Autoren:

- Dr. Dieter B. Herrmann, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte
- Dipl.-Phys. Manfred Woche, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium
- OStR Edgar Otto, 7280 Ellenburg, Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“
- Dietmar Büttner, 9030 Karl-Marx-Stadt, Kirchhoffstr. 31
- Ing. Bohumil Maleček, 75701 Valašské-Meziříčí, ČSSR, Sternwarte
- Ing.-Päd. Christian Gottwald, 7060 Leipzig-Grüna, An Schwalbennest 15
- Dipl.-Ing. Wolfgang Rothe, 1195 Berlin, Scheiblerstr. 28
- Dipl.-Astr. Erich Bartl, 5320 Apolda, Volksternwarte
- Dipl.-Phil. Jürgen Hamel, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte
- Arno Fellenberg, 1530 Teltow, W. -Leuschner-Str. 12
- Martin Müller, 7280 Ellenburg, Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“
- Arnold Zenkert, 1500 Potsdam, Neuer Garten 6, Astro-nomisches Zentrum „Bruno H. Bürgel“
- Brigitte Götz, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte
- Heinz Böhm, 8122 Radebeul, Volkssternwarte „A. Diesterweg“
- Dr. André Koeckelenbergh, 3. avenue Circulaire, B 1180 Bruxelles, Belgien
- Armin Wohlfahrt, 2510 Rostock 5, Tschaikowskistr. 60
- Bernd Häbel, 3010 Magdeburg, Gutenbergstr. 8





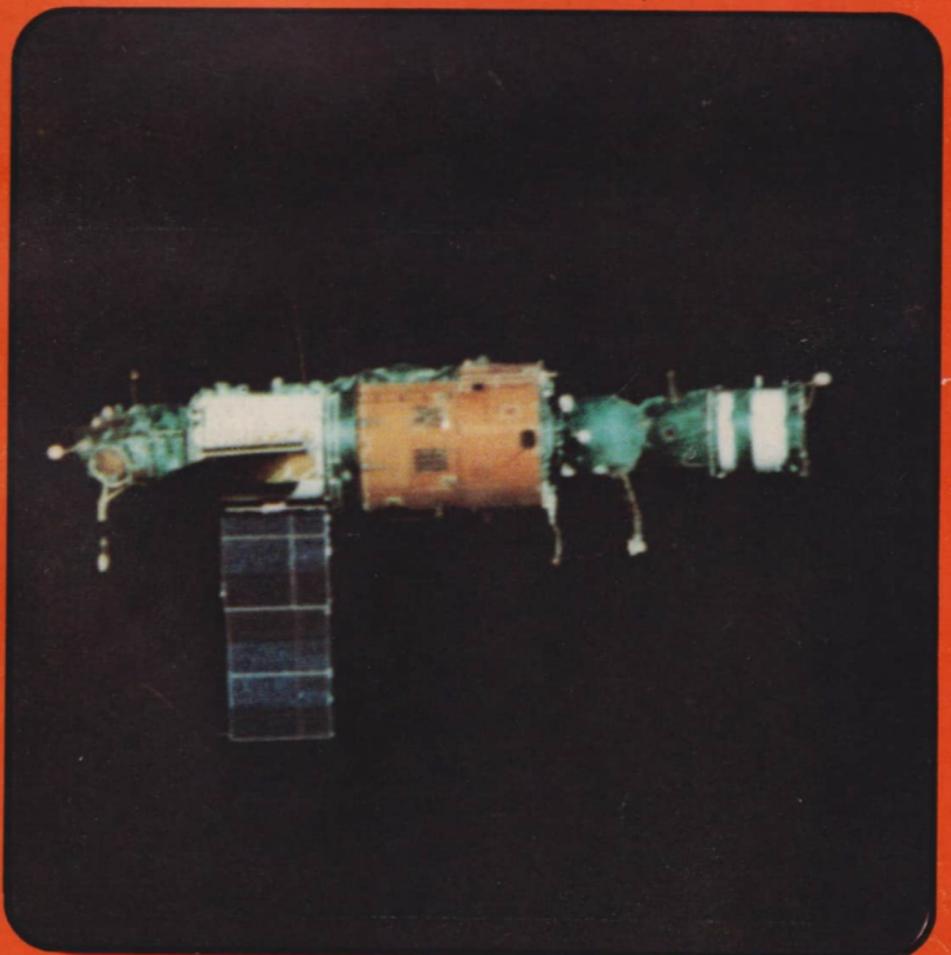
Astronomie UND Raumfahrt



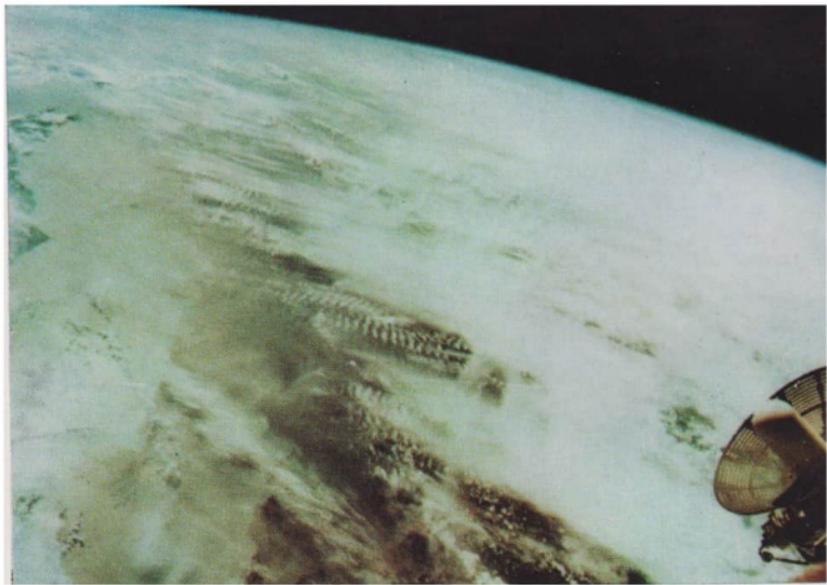
ISSN 0587-565 X PZV 31052

EVP 1,50

1981 5



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Astronomie und Raumfahrt

Herausgeber:

Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie

Redaktion:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur); OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen Gieseck; Ing. Achim Grünberg; Dipl.-Phil. Jürgen Hamel; Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur Hockauf; Karl-Heinz Neumann; Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel; Dipl.-Phys. Manfred Woche; Arnold Zenkert; Bernd Zill.

Redaktionssitz:

9630 Crimmitschau, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, Straße der Jugend 8, Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise:

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1981 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, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3 – 4. Veröffentlicht unter Lizenznummer 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 bearbeiten.

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

19. Jahrgang 1981 Heft 5

Sigmund Jähn: Salut 6 – Gütesiegel sowjetischer Weltraumtechnik	130
Wolfgang Häupl: Neutronensterne – ein Endstadium der Sternentwicklung	131
Rolf Rieckher: John Dolland und die achromatischen Fernrohrobjektive	134
Gerhard Herms: Raumflugbahnmechanik – Einige Grundlagen (III) – Swing-by-Technik	137
Fritz Gehlar: Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos	142
Dieter B. Herrmann: Planetenparade, „Jupitereffekt“ und Überlebenspäckchen	145
A. Grünberg und D. Richter: Fotogrammetrische Sonnenfleckenpositionsbestimmung	147

Beobachtungshinweise

Karsten Kirsch: Die Feuerkugeln des Jahres 1980	151
André Knöfel: Halobeoabachtungen 1979/80	151
Erich Bartl: Die Beobachtung der Kometen (III)	153
Wolfgang Büttner: Merkursichtbarkeit im November	154
Matthias Schmödner: Einige Betrachtungen zu Zodiakallicht-Beobachtungen	154
Manfred Schröter: Jupiter und Saturn im kleinen Fernrohr .	155
André Koeckelenbergh: Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen Mai/Juni 1981	155

Kurzberichte

Amateurastronomischer Jahresprix des Kulturbundes u. a. .	155
---	-----

Aus der Literatur	158
-----------------------------	-----

Rezensionen	159
-----------------------	-----

Vorschau – Unsere Autoren	160
-------------------------------------	-----

Redaktionsschluß: 20. 7. 1981

Bildseiten

Titel: Der Orbitalkomplex Salut 6 – Sojus in der Umlaufbahn.
2. Umschlag-S. oben: Freizeit-Idylle an Bord von Salut 6. Von links nach rechts: W. Bykowski, S. Jähn und W. Kowaljonok.
unten: Blick aus dem Bordfenster. Im Vordergrund die Funkmeßantenne des Annäherungssystems.

4. Umschlag-S.: Kontrollmessungen gehörten zum Arbeitsalltag an Bord von Salut 6. Die Stammbesatzung von Salut 6, Alexander Iwantschenkow und Wladimir Kowaljonok mit Sigmund Jähn.

Salut-6 - Gütesiegel sowjetischer Weltraumtechnik

SIGMUND JÄHN

Der 20. September 1977 ist ein bedeutsames Datum in der bemannten Raumfahrt. An diesem Tag wurde auf dem Kosmodrom in Baikonur mit einer Trägerrakete vom Typ „Proton“ die wissenschaftliche Orbitalstation Salut-6 in den Orbit gebracht. Seit fast vier Jahren trägt nunmehr diese von sowjetischem Forschergeist und Arbeiterfleiß geschaffene sozialistische Außenstation der Erde das Gütesiegel erstklassiger Wertarbeit um die Erde. Seit ihrem Aufstieg befindet sich die Station nun schon 1400 Tage auf einer stabilen Umlaufbahn. Ursprünglich für eine Dauer von 18 Monaten vorgesehen, hat dieser „dienstälteste Raumflugkörper“ als Insel des Lebens im Kosmos alle Erwartungen übertroffen und das bisher umfangreichste kosmische Arbeitspensum bewältigt. Er befindet sich nach den letzten Verlautbarungen weiterhin in einem einsatzbereiten Zustand.

Meines Erachtens sind *fünf Pionierleistungen* erwähnenswert, die mit der Salut-6-Station vollbracht wurden:

1. Sie ist die erste Raumstation mit zwei Kopplungsaggregaten. Damit wurde der ständige Pendelverkehr zwischen Erde und Orbit möglich als grundlegende Voraussetzung für die bisher längste Einsatzdauer im bemannten Betrieb.

2. Mit der Station wurde eine neue Etappe der Zusammenarbeit im Rat Interkosmos realisiert. Sie ist gekennzeichnet durch die Teilnahme von Kosmonauten der sozialistischen Länder an der bemannten Raumfahrt. In einem Zeitraum von rund drei Jahren flogen neun gemeinsame Besatzungen die Station an und erfüllten ein umfangreiches Forschungsprogramm. Der Abschluß dieses Programms – ursprünglich bis 1983 konzipiert – erfolgte zwei Jahre vorfristig.

3. Mit der Kopplung von drei Raumflugkörpern zu einer „kosmischen Troika“ wurde erstmals ein Orbitalkomplex montiert, der als Vorstufe und Prototyp künftiger großer Orbitalkomplexe angesehen werden kann.

4. Das Andocken von Transportraumschiffen ermöglicht die regelmäßige Versorgung der Station mit Treibstoff, Frachtgütern, Austauschgeräten und Ersatzmaterial, die den Besatzungen gute Arbeits- und Lebensbedingungen über lange Zeiträume sichern. Die hohe Zahl erfolgreicher Kopplungen beweist die Meisterung der Rendezvous-technik durch die sowje-

tischen Wissenschaftler und Spezialisten, die hohe Präzision der Bahnberechnung und Navigation.

5. Das Umkoppeln von Raumschiffen sichert einen reibungslosen An- und Abtransport. Dieses Manöver wurde erstmals von der gemeinsamen Besatzung UdSSR-DDR erprobt und erhöht die Aufenthaltsdauer von Besatzungen bei Langzeitflügen.

Es ist bekannt, daß für jeden Kosmonauten der Sitz individuell angepaßt, gewissermaßen maßgeschneidert wird. So ist gewährleistet, daß die beim Start und bei der Landung auftretenden Kräfte vom Kosmonauten in der für den Organismus günstigsten Lage aufgenommen werden. Wir erprobten den Sitzumbau auf der Erde im Trainingsmodell. Was auf dem Boden recht flott vonstatten ging, erwies sich im Weltraum nicht ganz so problemlos. So bereitete uns das Lösen der Befestigungsschrauben einige Mühe, weil ohne ein entsprechendes Gegenmoment der Kosmonaut sich schneller um den Schraubenschlüssel dreht, als dieser die Schraubverbindung löst.

In diesem Zusammenhang verdient eine Überlegung besondere Beachtung. Die Sowjetunion hat mit den Orbitalstationen der Salutklasse, den Verbindungsraumschiffen der Typen Sojus und Sojus-T sowie den Progress-Versorgungsraumschiffen ein *komplexes System* geschaffen, das im Dienste der Wissenschaft und zum Nutzen der Volkswirtschaft universell einsetzbar ist. Diese technische Konzeption besticht durch Weitsicht und Originalität. Damit löste sie auf eine erwiesenermaßen sehr effektive Weise erfolgreich das Problem der Wiederverwendbarkeit von Raumfahrttechnik. Bleibt doch das Hauptelement des Systems, die Station, in der Umlaufbahn und kann über Jahre genutzt werden. Dafür sorgen nicht zuletzt auch die Besatzungen, die durch ihre Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten ihre Funktionstüchtigkeit gewährleisten. Nur so konnte die ursprünglich vorgesehene Lebensdauer bei Salut 6 mehr als verdoppelt werden. Diese bisher unübertroffene Langlebigkeit von Weltraumtechnik spricht für die Qualität der von den sowjetischen Konstrukteuren und Erbauern geleisteten Arbeit. Wir Kosmonauten waren mehrfach Gast in den Werken, in denen die Salut-Raumstationen und Sojus-Raumschiffe hergestellt werden. Für mich bleiben die Werkbesuche ein unvergängliches Erlebnis. Was wir dort an Präzision gesehen haben, beeindruckte uns stark und hat mir die Gewißheit hoher technischer Vollkommenheit vermittelt. Absolute Sorgfalt ist selbstverständliche Pflicht. So haben die Monteure das von ihnen benötigte Werkzeug und die für die Mon-

tage vorgesehenen Kleinteile in Spezialbehältern stets am Mann getragen. Diese Sicherheitsvorkehrung schließt aus, daß vielleicht ein versehentlich liegengebliebenes Schräubchen Schaden anrichtet. Ja selbst ein unscheinbarer Feilspan könnte in der Schwerelosigkeit hervorschweben und vom Kosmonauten eingeatmet werden. Die Folgen kann sich jeder unschwer vorstellen.

Noch ein Wort zur technischen Konzeption. Sie beinhaltet auch die erfolgreich verwirklichte Technologie der Erneuerung von Teilen und Systemen in der Umlaufbahn. Geräte und Apparaturen, deren Lebensdauer erschöpft oder die erneuerungsbedürftig sind, werden ausgewechselt. Hier haben sowjetische Kosmonauten eine wirkliche Pionierleistung vollbracht. Auch unsere Besatzung hat eine Baugruppe des Lebenserhaltungssystems für die Erneuerung der Kabinenatmosphäre ausgewechselt. Die Montage hatten wir vorher am Boden intensiv geprakt, so daß die Arbeiten in der Umlaufbahn exakt und vorschriftsmäßig erfolgten. Auf diesen Erkenntnissen und Erfahrungen aufbauend, wird die Sowjetunion konsequent und kontinuierlich auf dem erfolgreichen Weg in den Kosmos voranschreiten. Wie der dreifache Fliegerkosmonaut, Raumschiffkonstrukteur und Flugleiter Prof. Dr. Alexej Jelisseejew kürzlich äußerte, werden *sowjetische Raumstationen der nächsten Generation* mit vier bis sechs Kopplungsaggregaten ausgerüstet sein, an denen nicht nur Raumschiffe anlegen, sondern auch Module für spezielle Aufgaben montiert werden können. Denkbar wäre zum Beispiel eine „Sternwarte“ mit Teleskopen und Geräten für astronomische und astrophysikalische Beobachtungen, ein „Fotostudio“ für die Fernerkundung der Erde mit stationären und Handkameras, eine „Werkstatt“ für materiell-wissenschaftliche Experimente, ein „Kliniklabor“ für medizinische Untersuchungen, eine „Versuchsfarm“ für pflanzenbiologische Forschungen, komfortable Arbeits-, Ruhe- und Erholungsräume für die Besatzung usw. So sind im wahrsten Sinne des Wortes der Erforschung des Weltraums keine Grenzen gesetzt. Hier eröffnen sich neue Dimensionen speziell für die „erdbezogene“ Kosmoforschung. Sie schließen auch unser Land im Rahmen des Interkosmos-Programms in diesen modernen für die wissenschaftliche Erforschung und volkswirtschaftliche Nutzanwendung überaus wichtigen und zukunftssträchtigen Tätigkeitsbereich im Interesse des Friedens und des Fortschritts ein. Diese Zusammenarbeit hat dank der uneigennützigen, internationalistischen Haltung der Sowjetunion eine hohe Stufe der sozialistischen Integration erreicht.

Neutronensterne – ein Endstadium der Sternentwicklung

WOLFGANG HÄUPL

Eine der wesentlichsten Eigenschaften der meisten Sterne ist ihre zeitliche Unveränderlichkeit verglichen mit den Zeitskalen des Lebens auf der Erde. Die Ursache dafür ist im hydrostatischen Gleichgewicht zu suchen, welches für die meisten Sterne Gültigkeit hat. Diese Annahme ist nicht völlig korrekt, sie läßt sich aber auf Sterne, die in ihrer Entwicklung noch nicht weit fortgeschritten sind, anwenden. Im gleichen Zusammenhang muß man die Frage stellen, was geschieht, wenn der Stern alle ihm zur Verfügung stehenden nuklearen Energiequellen aufgebraucht hat? Man weiß heute, daß solche Sterne stark kontrahieren, d. h. die Gravitationskraft, die umgekehrt proportional dem Quadrat des Sternradius ist, wird immer stärker. Kann diese durch die Kontraktion des Sternes anwachsende Gravitationskraft von den Druckkräften im Sterninneren immer im Gleichgewicht gehalten werden oder gibt es einen Endzustand, bei dem die Druckkräfte vielleicht ein weiteres Ansteigen der Gravitationskraft verhindern können oder tritt eventuell der umgekehrte Fall ein, daß die Gravitationskraft die Druckkraft übersteigt und damit der Stern instabil wird?

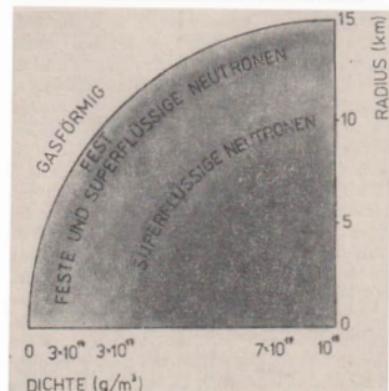
Bei der Entwicklung von Sternmodellen muß man natürlich alle vorher genannten Fragestellungen berücksichtigen. Hier in diesem Artikel sollen jedoch nicht alle möglichen Neutronenstermodelle diskutiert werden, sondern dem Leser soll ein Überblick über diese so exotisch erscheinenden Objekte gegeben werden.

Der innere Aufbau von Neutronensternen

Alle im Kosmos vorkommende Materie ist ständig Veränderungen unterworfen. Diese allgemeine Aussage gilt natürlich ebenfalls für die Entwicklung von Sternen. Die Bestätigung dafür ist im Hertzsprung-Russel-Diagramm (HRD) besonders deutlich zu sehen. Die sogenannte Masse-Leuchtkraft-Beziehung gibt den Zusammenhang von Masse und ausgestrahlter Energie wieder. Das bedeutet zum Beispiel, daß ein Stern bei vorgegebener Masse eine bestimmte Dichte besitzt und demzufolge auch nur eine bestimmte Energiemenge abstrahlen kann. Versucht man, den Sternradius immer kleiner zu machen, dann wird die Sterndichte immer größer und damit die Temperatur im Innern des Sternes höher. Da die Masse-Leuchtkraft-Beziehung gilt, muß unser Stern mehr Energie abstrahlen. Unter den Sternen gibt es aber auch Objekte, deren Verhalten nicht mit dieser Gesetzmäßigkeit erklärt werden kann. Bereits die weißen Zwerge zeigen ein deutlich anderes Verhalten als die Mehrzahl der Sterne des HRD. Man hat theoretisch nachgewiesen, daß für Objekte mit sehr hohem Zentraldruck die Zustandsgleichung nicht temperaturabhängig ist. Für diese Objekte gilt die Masse-Radius-Beziehung. Der Radius nimmt mit größer werdender Masse ab, bis er bei der sogenannten kritischen

Masse seinen minimalsten Wert besitzt. Dieser Zusammenhang wurde bereits in den 30iger Jahren von dem Astrophysiker S. Chandrasekhar gefunden und im wesentlichen im Zusammenhang mit den weißen Zwergen und dem Endstadium der Sternentwicklung diskutiert. Geht man nun über die Chandrasekhar-Grenze hinweg, verdichtet also die Materie eines weißen Zwerges noch weiter, so entstehen aus den Elektronen und Protonen Neutronen. Das bedeutet genauer gesagt, unsere Atomkerne wandeln sich in ein Neutronengas um. Man kann bei solchen komplizierten Prozessen auch sehr vereinfachte Modelle aufstellen, die zwar vom realen Neutronenstern weit entfernt sind, aber die wesentlichsten Eigenschaften dieser Objekte gut wiedergegeben. Man geht von der Annahme aus, daß eine Kugel aus Neutronengas vorliegt, die nur durch die eigene Schwerkraft zusammengehalten wird. Es läßt sich zeigen, daß der Druck des Neutronengases umso höher ist, je größer die Energie der Neutronen ist, d. h. je mehr Neutronen in einem vorgegebenen Volumen vorhanden sind. Benutzt man nun die Berechnungsgrundlagen, die für weiße Zwerge gelten und setzt anstelle des Elektronenwertes einen Neutronenwert ein, so kann man den Radius eines Neutronensternes in Abhängigkeit von der Masse M angeben. Der so erhaltene Radius beträgt nur wenige Kilometer. Soll ein Gas vollständig in ein Neutronengas umgewandelt werden, so muß die Dichte im Stern bei etwa 10^{15} g/cm^3 liegen. Nimmt man nun an, daß das Objekt etwa Sonnenmasse besitzt, dann beträgt der Radius 10–15 km. Daß dieses Modell nur der phänomenologischen Vorstellung dienen kann, ist selbstverständlich. Ernsthaftere Neutronensternmodelle sind wesentlich komplizierter.

Abb. 1: Innerer Aufbau eines Neutronensterns.



Aus vielfältigen theoretischen Überlegungen und deren Überprüfung mit Beobachtungen hat man sich ein relativ zuverlässiges Bild über den Aufbau eines Neutronensterns geschaffen.

Man geht heute allgemein davon aus, daß die Dichte an der Oberfläche des Neutronensterns ähnlich der von weißen Zwergen ist ($\rho \approx 10^4 \text{ g/cm}^3$), in Richtung zum Zentrum jedoch stark ansteigt. Da in dieser äußeren Schale ebenfalls mit geringeren Temperaturen zu rechnen ist, besitzt die Materie nicht die Eigenschaften von Gas, sondern die eines Festkörpers. Diese feste Schale besteht im Wesentlichen aus Atomkernen und entarteten Elektronengas und hat eine Dicke von 100–400 m. Im unteren Grenzbereich dieser Schale ist mit einer Dichte von etwa 10^{11} g/cm^3 zu rechnen. Auch die chemische Zusammensetzung ändert sich mit zunehmender Dichte stark. Während der äußere Teil hauptsächlich aus Eisenatomen [Kernladungszahl 56] bestehen dürfte, vermutet man im inneren Teil der Rinde Zirkonium mit einer Kernladungszahl 40 und einer Atommasse bis zu 127. Durch den Grad der Entartung kann die Kernladungszahl kleiner werden, während der Neutronenanteil wächst. Die eigentliche Umwandlung von Atomkernen und entarteten Elektronen in Neutronengas beginnt erst in Tiefen, wo die Dichte größere Werte als 10^{11} g/cm^3 angenommen hat. Bei etwa 10^{12} g/cm^3 existieren zum überwiegenden Teil freie Neutronen. Atomkerne sind bei dieser Dichte nur noch wenige vorhanden. Ab etwa 10^{13} g/cm^3 ist unsere Ausgangsmaterie vollständig in Neutronengas umgewandelt. Die Dicke der äußeren Schale wird durch den relativ großen und massiven Kern vernachlässigbar. Bei einem Neutronenstern von $1 M_\odot$ beträgt der Durchmesser etwa 10–15 km. Somit ist es auch verständlich, daß man in vielen Fällen mit dem stark vereinfachten Modell einer nur aus Neutronengas bestehenden stark verdichten Materie rechnen kann.

Die obere und untere Massengrenze von Neutronensternen

Theoretische Massenberechnungen von Neutronensternen liefern die untere und obere Massengrenze. Nur innerhalb dieser Grenzen ist es möglich, von Neutronensternen zu sprechen. Die untere Massengrenze läßt sich einfach erklären. Um im Sternzentrum Dichten von 10^{14} g/cm^3 zu erreichen, benötigt man eine bestimmte Menge an Materie. Die Gravitationskraft muß so groß sein, daß freie Neutronen existieren können. Würde dies nicht der Fall sein, zerfiele die Neutronen wieder in Protonen und Elektronen. Man kennt die untere Grenze nicht genau, es wird aber vermutet, daß diese nicht wesentlich

unter $0.1 M_{\odot}$ liegt. Kritischer ist die Bestimmung der oberen Massengrenze. Je größer die Masse, desto dichter wird der Stern. Man kann deshalb auch hier erwarten, daß ähnlich der weißen Zwerge, unser Neutronengas relativistisch wird und man demzufolge eine Zustandsgleichung benutzen kann, die nicht mehr von der Teilchenmasse abhängt. Man erreicht damit ähnlich der Chandrasekhar-Grenze bei weißen Zwergen, eine obere Massengrenze für Neutronensterne. In diesem Fall gilt auch die Masse-Radius-Beziehung. Damit Teilchen die Oberfläche eines Körpers verlassen können, muß ihre kinetische Energie mindestens gleich ihrer potentiellen Energie sein. Bei so kleinen massiven Körpern muß logischerweise die Fluchtgeschwindigkeit sehr groß sein. Man kann nun noch weiter gehen und den Radius des Objekts immer kleiner machen. Es wird dann sehr bald ein Punkt erreicht, an dem die Fluchtgeschwindigkeit identisch mit der Lichtgeschwindigkeit ist. Der dazugehörige Radius heißt Gravitationsradius. Würde dieser Gravitationsradius überschritten, dann hätte selbst das Licht keine Chance, diesen Körper zu verlassen. Solche Objekte nennt man *Schwarze Löcher* oder *Black Holes*. Auch wenn man sich bis heute noch nicht eindeutig im Klaren ist, ob man schon solche Black Holes beobachtet hat (z. B. wird die Röntgenquelle Cyg X-1 als mögliches Schwarzes Loch in Erwägung gezogen), muß festgestellt werden, daß diese Objekte nur durch Sekundäreffekte (z. B. Ansaugen von Materie) beobachtbar wären. Der vorher erwähnte Gravitationsradius legt also eindeutig die obere Massengrenze eines Neutronensterns fest. In der Literatur wird meist als größtmöglicher Wert $2.7 M_{\odot}$ angegeben. Da aber alle diese Werte aus Annahmen und Modellen entstanden sind, findet man verschiedene Angaben für die Grenzmasse eines Neutronensterns. Die obere Grenzmasse wird aber sicherlich im Bereich von $1.7 M_{\odot}$ bis $2.7 M_{\odot}$ liegen.

Massebestimmung von X-ray-Doppelsternen

Um diese theoretisch errechneten Werte zu bestätigen, müßte die Masse aus reellen Beobachtungsdaten abgeleitet werden. Wenn man die Bahnpараметer zweier sich um ein gemeinsames Massezentrum bewegenden Objekte kennt, lassen sich Aussagen über ihre Massen machen. Für die Massebestimmung von Neutronensternen war es deshalb ein glücklicher Zufall, daß vor einigen Jahren X-ray-Doppelsterne entdeckt wurden, bei denen die Röntgenquelle (in vielen Fällen identisch mit dem Neutronenstern) auch noch ein Pulsar ist. Unter *Pulsaren* sollen hier Sterne verstanden werden, die ein-

zelne sehr scharfe Strahlungsimpulse aussendende und eine strenge Periodizität besitzt. Diese Pulsationseffekte lassen sich entweder als periodische Verdichtungen und Expansionen (Pulsation) oder als Rotation erklären. Theoretische Abschätzungen ergaben bei vorgegebener mittlerer Dichte $\rho = 10^{14} \text{ g/cm}^3$ Pulsationsperioden von etwa 10^{-5} s . Das bedeutet, daß die Pulsation nicht die Erklärung für diese scharfgebündelten Strahlungsimpulse sein kann. Man versuchte deshalb dieses Phänomen mittels Rotation zu erklären. Aus der Pulsationsfrequenz von verschiedenen X-ray-Pulsaren wurden Rotationswerte zwischen 282 Umdr./min und 1.8 Umdr./min berechnet. Diese hohen Geschwindigkeitswerte sind eng mit der Entstehungsgeschichte der Pulsare verbunden. Der Pulsar, der aus einem Gasstern entstanden ist, muß nach dem Drehimpulserhaltungssatz seine Rotation vergrößern, wenn sein Radius kleiner wird. Durch die hohen Rotationsgeschwindigkeiten können in den äußeren festen Schichten Risse und anschließende Sternbeben stattfinden, die Periodensprünge nach sich ziehen. Bei vielen der bisher beobachteten Pulsaren stellte man ein geringes Abnehmen der Pulsationsperiode fest. Als Ursache dafür sieht man heute das ungeheuer große Magnetfeld der äußeren Schale des Pulsars an. Die Magnetfelder der Ausgangsmaterie von Pulsaren liegen im Bereich von 1000 bis 35000 Gauß . Entsteht nun durch Zusammenziehen dieser Materie ein Neutronenstern, wird sich auch das Magnetfeld, welches an diese Materie gebunden ist, verdichten. Die Feldstärke wächst in diesem Fall proportional mit $1/R$. Der durch die Verdichtung eines Sterns entstandene Pulsar hat eine enorm hohe Dichte, rotiert sehr schnell und besitzt ein starkes Magnetfeld (Feldstärken von ca. 10^{15} Gauß sind nicht selten). Dieses Magnetfeld bremst jedoch die eigene Rotation des Pulsars ab, indem er elektromagnetische Strahlung aussendet. Die Erklärung für die beobachteten Impulse ist vermutlich die, daß die Rotationsachse und die Magnetfeldachse nicht identisch sind. Da der Stern um seine Körperachse rotiert, beschreibt die Magnetfeldachse die Bahn eines Kegelmantels. Die Gebiete der größten Feldstärke senden die elektromagnetische Strahlung längs der magnetischen Feldlinien aus. Von einem beliebigen Beobachtungsort aus kann man immer nur dann einen Strahl sehen, wenn die Magnetfeldachse in die Sichtlinie des Beobachters gerät. Im Fall unserer X-ray-Doppelsterne ist die Röntgenstrahlenintensität gleichmäßig mit Perioden im Bereich von etwa 0.7 s bis 14 min gepulst. Aus diesen – von Satelliten gemessenen – Pulsationsperioden ist es möglich,

die Bahnbestimmung von Neutronensternen vorzunehmen (s. Bild-S.I). Gegenwärtig sind auf diese Art und Weise bereits die Bahnen einiger X-ray-Pulsare (Cen X-3, SMC X-1, Her X-1 u. a.) bestimmt worden. Die Bahn der zweiten Komponente, die optisch sichtbar ist, kann man auf klassischem Weg über die Radialgeschwindigkeit bestimmen. Diese Methode liefert jedoch einen beachtlichen Fehler, da die zu beobachtenden Objekte sehr lichtschwach sind und die Dispersionen der Spektren sehr groß sein müssen ($1-3 \text{ nm/mm}$). Viele der interessanten Objekte sind deshalb für dieses spektroskopische Verfahren nicht geeignet. Von großem Nachteil sind die in den Spektren der X-ray-Sterne auftretenden Emissionslinien. Diese Linien beeinflussen meist sehr stark die zur Radialgeschwindigkeitsmessung notwendigen Absorptionslinien. Die spektroskopisch bestimmte Radialgeschwindigkeit gibt nur die Komponente der Sternbewegung bezüglich der Sichtlinie des Beobachters an. Diese Geschwindigkeit enthält aber keine Information über die Inklination i (Winkel zwischen Sichtlinie und Bahnebene). Die Neigung zwischen Sichtlinie und Bahnebene wird aber für die Bahnbestimmung des Begleiters benötigt. Eine Möglichkeit auf die hier nicht eingegangen werden soll, ist die Bestimmung des Winkels i aus den photometrischen Lichtkurvenschwankungen und den Meßwerten der Verfinsterung des X-ray-Sternes.

Wenn für beide Komponenten des Doppelsterns die Bahndaten bestimmt wurden, lassen sich ihre Massen berechnen. Mit dem vorhergenannten Verfahren hat man die Möglichkeit, die theoretisch ermittelten Neutronensternmassen praktisch zu bestätigen. Für den X-ray-Doppelstern HD 77581/0900.40 bestimmten Wissenschaftler aus den Niederlanden anhand von 92 Coudé Spektren die Bahn des B0.5 Ib Überriesen mit dem 1,5 m Teleskop in La Silla. Dieses Objekt lässt sich gut beobachten, da die Helligkeit des Begleiters etwa 7^m beträgt. Die Bahneigung des Begleiters bezüglich unserer Sichtlinie beträgt für HD 77581 etwa 15 Grad. Aus den Bahndaten wurde die Masse des Neutronensterns berechnet. Der Wert liegt bei $1.74 M_{\odot}$. Für einige andere X-ray-Doppelsterne wurden ebenfalls derartige Rechnungen angestellt, und in fast allen Fällen wurden ähnliche Werte gefunden. Man hat durch diese Beobachtungen die Theorie der Neutronensterne in allen wesentlichen Punkten bestätigt.

Literatur: Giacconi, R.: X-ray scan of the galactic plane from UHURU, ApJ Vol. 165, Nr. 2, Part 2, L 37. – Kaplan, S. A.: Physik der Sterne, Verlag MIR-Moskau und BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1980. – Zuiderveld, E.: Neutron stars, The Messenger, Nr. 19, 1979.

JOHN DOLLOND und die achromatischen Fernrohrobjective

Ein historischer Rückblick aus Anlaß des 275. Geburtstages von John Dollond

ROLF RIEKHER

Als Galilei 1609 Nachricht über das in Holland bekanntgewordene Fernrohr erhielt, gelang es ihm, in kurzer Zeit die Erfindung nachzuverziehen und mit selbstgebauten Instrumenten Aufsehen erregende Entdeckungen zu machen. Diese und der durch ihre Interpretation hervorgerufene weltanschauliche Konflikt machten das Fernrohr in weiten Kreisen bekannt. Durch das Interesse an dem neuen Instrument wurden gleichzeitig auch starke Impulse für die Entwicklung der Optik gegeben. Bedeutende Wissenschaftler und Techniker haben sich um die Herstellung und Verbesserung der Fernrohre bemüht.

Das „holländische“ Fernrohr bestand aus einer einfachen Sammellinse als Objektiv und einer einfachen Zerstreuungslinse als Okular. Bereits 1611 gab Kepler in seiner „Dioptric“ einen ersten Beitrag zur Theorie des Fernrohrs. Er beschrieb als neuen Fernrohrtyp das astronomische Fernrohr mit einer Sammellinse als Okular. Keplers Bemühungen um das Brechungsgesetz führten zwar noch nicht auf die richtige Lösung, aber auf eine bei kleinen Einfallswinkeln brauchbare Näherung. Er erkannte, daß von Kugelflächen begrenzte Linsen eine unvollkommene Abbildung liefern und schlug deshalb (ohne mathematische Begründung) vor, Sammellinsen eine hyperbolische Flächenform zu geben. Wenige Jahre später wurde durch W. Snellijs und danach durch R. Descartes das richtige Brechungsgesetz gefunden. Descartes konnte dadurch 1638 für spezielle Fälle angeben, welche asphärische Form Linsen haben müssen, wenn sie frei von sphärischer Aberration sein sollen. Eine sehr elegante Methode zur Konstruktion von Linsen mit asphärischen Flächen wurde 1678 von Chr. Huygens beschrieben. Einen direkten Fortschritt für die Entwicklung der Fernrohre haben diese wichtigen Erkenntnisse im 17. Jh. noch nicht gebracht. Das hatte zwei Gründe:

1. Kugelflächen lassen sich mit sehr einfachen Mitteln, in einer für optische Anwendungen hinreichenden Genauigkeit herstellen. Die Herstellung genauer asphärischer Flächen ist ein schwieriges technologisches Problem, das im 17. Jahrhundert, trotz interessanter Vorschläge, nicht gelöst werden konnte.

2. Die Brechung des Lichtes ist von der Wellenlänge abhängig. Mit abnehmender Wellenlänge nimmt die Brechung zu. Die Folge: Rote Lichtstrahlen werden weniger gebrochen als blaue. Einzellinsen weisen dadurch einen Fehler auf, den wir als *chromatische Aberration* bezeichnen.

Im 17.Jh. wurden zwei Wege beschritten, um trotz beider Abbildungsfehler, der sphärischen und der chromatischen Aberration, Fernrohre brauchbarer Leistung zu erhalten. Der erste Weg bestand darin, den Linsenfernrohren eine immer größere Baulänge zu geben. Bei Linsen mit sehr kleinem Öffnungsverhältnis, d. h. im Vergleich zur Brennweite sehr kleinem freien Linsendurchmesser, bleibt auch die Auswirkung der o.g. Abbildungsfehler klein. In der zweiten Hälfte des 17. Jh. wurden deshalb (z. B. von Hevel, Huygens u. a.) Linsenfernrohre mit Baulängen bis über 40 m gebaut, die entsprechend schwierig zu handhaben waren.

Der zweite Weg bestand darin, anstelle von Linsen Spiegel zu verwenden. Mit einem Hohlspiegel läßt sich wie mit einer Sammellinse eine reelle optische Abbildung erzeugen. Da Lichtstrahlen aller Wellenlängen in gleicher Richtung reflektiert werden, tritt bei der Abbildung durch Spiegel keine chromatische Aberration auf. Das erste brauchbare Spiegelteleskop wurde 1671 von Isaak Newton hergestellt.

Newton hatte vorher seine fundamentalen Versuche über die Brechung und Farbenzerstreuung

(Dispersion) des Lichtes beim Durchgang durch Prismen durchgeführt. Er war durch seine Versuchsergebnisse zu der, aus seiner Sicht zwar plausiblen, aber irrtümlichen Auffassung gekommen, daß Dispersion und mittlere Ablenkung, unabhängig vom brechenden Medium, in einem festen linearen Zusammenhang stehen. Er zog daraus die Schlußfolgerung, daß es prinzipiell unmöglich sei, eine Ablenkung des Lichtes durch Brechung zu erzielen, ohne gleichzeitig eine Dispersion hervorzurufen. Das hätte aber auch bedeutet, daß es unmöglich sei, durch irgendeine Kombination von Linsen, den Farbenfehler bei einem Linsenfernrohr zu beseitigen.

Newton's Autorität und die Beschreibung seiner sorgfältig ausgeführten Versuche ließen für lange Zeit keine Zweifel an der Richtigkeit seiner Schlußfolgerungen aufkommen. Die weitere Entwicklung der Linsenfernrohre wurde dadurch über ein dreiviertel Jahrhundert gehemmt. Als John Dollond um 1750 mit dem Problem der Beseitigung des Farbfehlers der Fernrohre konfrontiert wurde, hat auch er zunächst ganz den Newtonschen Standpunkt vertreten. Erst einige Jahre später änderte er seine Ansicht und hatte größten Erfolg. Wer war John Dollond? Wie kam er dazu, sich mit dem Problem des Baues achromatischer Teleskope zu befassen und was veranlaßte seinen Meinungswechsel?

John Dollond stammt aus einer alten Seidenweberfamilie. Sein Vater war vor den Hugenottenverfolgungen aus Frankreich nach England geflohen, wo John in Spitalfields/London am 10. Juni 1706 geboren wurde. Auch John wurde Seidenweber, befaßte sich aber schon früh intensiv mit Optik, Astronomie und Mathematik. Wegen seiner ausgezeichneten Optik-Kenntnisse wurde er bald in wissenschaftlichen Kreisen in London geschätzt. John Dollonds Sohn Peter hat 1750 mit zwanzig Jahren in Spitalfields, gestützt auf das reiche Fachwissen des Vaters, eine optisch-mechanische Werkstatt eröffnet. Ab 1752 beteiligte sich John Dollond an dem Unternehmen seines Sohnes und verhalf der Firma in kurzer Zeit zu hohem Ansehen. John Dollonds Tochter Sarah heiratete den berühmten Londoner Instrumentenbauer Jesse Ramsden.

John Dollond unterbreitete in dieser Zeit der Royal Society wichtige Neuerungen. Durch Teilung und meßbare Verschiebung eines Fernrohrobjektivs gab er dem Heliometer die zur Messung des Sonnendurchmessers und anderer kleiner Winkel am Himmel geeignete Form. Mit einem von Fraunhofer konstruierten Heliometer konnte Bessel 1837/38 die erste Fixsternparallaxe messen. Den Anlaß zu Dollonds Beschäftigung mit dem Problem der Achromasie gab eine Veröffentlichung Leonhard Eulers 1747.

Abb. 1: John Dollond (1706—1761)



Euler hatte vorgeschlagen, durch Kombination von Glas und Wasser den Farbenfehler der Objektive zu beseitigen. Zwischen zwei negativen Glasmenschen, die am Rand dicht abgeschlossen waren, wurde eine bikonvexe Wasserlinse eingeschlossen. Dollond verwies in einem Brief 1752 auf den Widerspruch zu Newtons experimentellen Ergebnissen. Er erklärte Eulers Vorschlag für un durchführbar und die Herstellung farbfehlerfreier Objektive für unmöglich. Wenig später hat er seine Meinung geändert.

Dafür gab es mehrere Gründe:

- Eulers Hinweis auf die (irrtümlich angenommene) Achromasie des Auges und seine Mitteilung, daß bei versuchsweise ausgeführten Glas-Wasser-Objektiven der Farbfehler verringert sei.
- Der Schwede S. Klingenstierna wies 1753 in einem Brief an Dollond darauf hin, daß das Dispersionsgesetz von Newton in seiner Allgemeinheit nicht mit dem Brechungsgesetz vereinbar sei.
- Anscheinend erfuhr Dollond bei anderen Optikern von Linsen, die sich ein Privatmann zur Herstellung achromatischer Objektive hatte schleifen lassen.

Dollond führte nun mit Glas-Wasser-Prismenkombinationen Versuche durch, bei denen er feststellte, daß Newtons Ergebnis nicht bestätigt wurde. Dann ging er zur Kombination von Kron- und Flintglasprismen über. Er bestimmte

Abb. 2: Achromasie beim Prisma und beim Objektiv

oben: Kombination eines Kronglasprismas Kr mit einem Flintglasprisma Fl. Bei einem *achromatischen Prisma* sind Prismenwinkel, Brechzahlen und Farbenzerstreuung so aufeinander abgestimmt, daß für zwei Farben (z.B. Rot und Blau) der Ablenkungswinkel gleich ist.

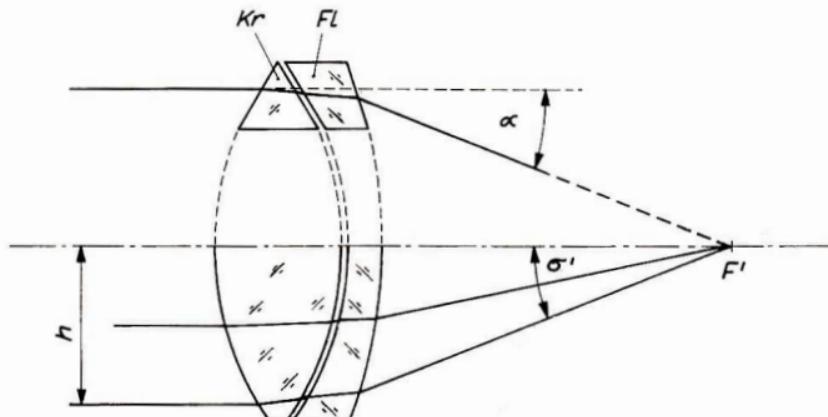
das Verhältnis der Prismenwinkel, bei denen eine Ablenkung des Lichtes ohne Farbenzerstreuung erfolgte. Diese Ergebnisse übertrug er in geschickter Weise auf die Brechkräfte einer sammelnden Kronglas- und einer zerstreuenden Flintglaslinse, die er zu einem achromatischen Objektiv kombinierte. Er verstand es dabei auch, die Radien der Linsen so zu wählen, daß sich nicht nur die chromatische, sondern auch die sphärische Aberration der beiden Linsen weitgehend aufhob.

1758 teilte er in einem Schreiben der Royal Society seine Ergebnisse mit. Im Mai 1758 wurde Dollond für seine achromatischen Fernrohre ein englisches Patent erteilt.

Dollonds neue achromatische Fernrohre fanden starke Beachtung, was bei dem Interesse, welches dem Instrumentenbau im damaligen England entgegengebracht wurde, verständlich ist. Sie stellten eine markante Verbesserung gegenüber den bisherigen nichtachromatischen Linsenfernrohren dar. Für die Seefahrt und die Astronomie, insbesondere aber auch in Verbindung mit astronomischen und geodätischen Meßinstrumenten, waren sie von großem Wert (vgl. Bild-S. I).

John Dollond wurde mit der Copley Medaille geehrt und 1761 zum Mitglied der Royal Society gewählt. Kurz danach, am 30. Nov. 1761 starb er plötzlich an einem Schlaganfall.

unten: Kombination einer sammelnden Kron- und einer zerstreuenden Flintglaslinse zu einem *achromatischen Objektiv*. Schneiden sich die Strahlen aller Einfallshöhen h im gleichen Brennpunkt F' , so ist auch die sphärische Aberration beseitigt. Ist die Sinusbedingung $\frac{h}{\sin \sigma} = \text{const.}$ erfüllt, so ist auch für kleine Bildwinkel die Abbildung frei von Koma.



Peter Dollonds Geschäft bekam durch die Leistung des Vaters einen bedeutenden Aufschwung. Diesen Erfolg wollte er voll ausnutzen. Anderen Londoner Optikern, die nun ebenfalls achromatische Fernrohre herstellten, drohte er nach dem Tode seines Vaters unter Berufung auf das Patent mit einer Klage. Diese Drohung hatte zur Folge, daß sich 35 Londoner Optiker zusammenschlossen und einen Antrag auf Aufhebung des Patentes stellten. Sie begründeten diesen Antrag damit, daß achromatische Objektive bereits vor Dollond von Chester Moor Hall erfunden worden seien. John Dollond hätte deshalb auch keinen Einwand gegen den Verkauf von achromatischen Fernrohren durch andere Optiker erhoben, sein Sohn beanspruchte jedoch jetzt ein Monopol. Dem Antrag wurde nicht stattgegeben. In einem nachfolgenden Rechtsstreit wurde zugunsten Dollonds entschieden. Der Richter Lord Camden gab dafür folgende, über den konkreten Anlaß hinaus bemerkenswerte Begründung: „Nicht derjenige, der seine Erfindung in seinem Schreibtisch verschließt, soll Vorteil aus einem Patent ziehen, sondern derjenige, der sie zum Nutzen der Öffentlichkeit ausführt“.

Der eigentliche Erfinder der Achromate, Chester Moor Hall, ist eigenartigerweise in der ganzen Anglegenheit nicht hervorgetreten. Er hat weder Anspruch erhoben, noch etwas veröffentlicht. Seine Priorität wurde in dem Rechtsstreit jedoch nicht angezweifelt. Über Hall ist nur wenig bekannt. Er war Jurist in London und dann Beamter in Essex. Seit 1729 soll er sich mit dem optischen Problem befaßt haben und 1733 sein erstes achromatisches Fernrohrobjectiv konstruiert haben. Hall starb 1771, zehn Jahre nach John Dollond.

Die Theorie der achromatischen Fernrohrobjective wurde schon kurze Zeit nach Dollands Einführung durch Euler, Klingenstierna und die französischen Wissenschaftler d'Alembert und Clairaut auf ein hohes Niveau gebracht.

Die Beschaffung guten optischen Glases war ein Problem. Die Dollonds hatten durch Zufall ihren Glasbedarf für längere Zeit decken können, aber es war ihnen nicht möglich, über 12,7 cm Objektivdurchmesser hinzuzugehen. Im ersten Viertel des 19. Jh. haben Guinand und Fraunhofer die Glasherstellung systematisch verbessert. Die Herstellung guter Fernrohrobjective in immer größeren Durchmessern wurde dadurch möglich, bis 1897 beim Yerkes-Refraktor mit 1,02 m Öffnung die obere Grenze erreicht war.

Fraunhofer führte für alle Arbeitsschritte der Herstellung achromatischer Objektive meßtechnische Kontrollen ein. Bei Versuchen zur exakten Brechzahlmessung beobachtete er hunderte feine Linien im Sonnenspektrum. So ent-

stand im Bemühen um die Verbesserung der achromatischen Fernrohrobjective die „Spektroskopie“ als neuer bedeutungsvoller Wissenschaftszweig.

Bei Mikroskopen wurden, nach ersten Versuchen um 1775, achromatische Objektive ab 1807 eingeführt. Die hohe Leistungssteigerung der Mikroskope im 19. und 20. Jh. wäre ohne sie nicht möglich gewesen. Auch für die Entwicklung der Foto-Objektive ist die chromatische Korrektion eine Voraussetzung gewesen. Schon die ersten Foto-Objektive von Chevalier und Petzval um 1840 bauten auf Achromaten auf. Der Name „Dollond“ galt lange Zeit als Synonym für ein gutes Fernrohr. Z. B. schrieb A. v. Chamisso 1814 in „Peter Schlemihls wundersame Geschichte“: „...und er zog aus der Tasche einen Dollond“.

Literatur (Zusammenfassende Darstellungen mit weiterführenden Literaturangaben): [1] King, Henry C.: *The History of the Telescope*. Charles Griffin & Comp. London 1953. – [2] König-Köhler: *Die Fernrohre und Entfernungsmesser*. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959. – [3] Rieckher, Rolf: *Fernrohre und ihre Meister*. VEB Verlag Technik, Berlin 1957.

Raumflugbahnmechanik - Einige Grundlagen (III)*

G. HERMS

3. Swing-by-Technik

Das Wesen der Swing-by-Technik ist den Astronomen mindestens seit 1866 bekannt. Damals geriet der Komet 1866 III in die unmittelbare Nähe des Jupiters, was zu solchen Bahnänderungen führte, daß der Komet aus dem Gravitationsfeld der Sonne geschleudert wurde und verschwand. Swing-by-Technik besteht darin, die Geschwindigkeitsänderung auszunutzen, die ein Raumflugkörper beim dichten Vorbeiflug an einem Himmelskörper erfährt, der sich um dieselbe Zentralmasse bewegt wie der Raumflugkörper. Beim Flug durch das Sonnensystem bieten sich vor allem die großen Planeten Jupiter und Saturn für Swing-by-Manöver an. Bewegt sich jedoch der Raumflugkörper im Gravitationsfeld eines Planeten, dann kann auch ein Mond als Swing-by-Partner dienen, wenn auch mit geringerem Effekt.

Das Swing-by-Manöver beruht im allgemeinen auf einer Änderung der Richtung und des Betrages der Geschwindigkeit. Dabei kann es vorkommen, daß sich die kinetische Energie des Raumflugkörpers auf ein Vielfaches erhöht. Bei

* Teil I und II in AuR 2 und 3/1981

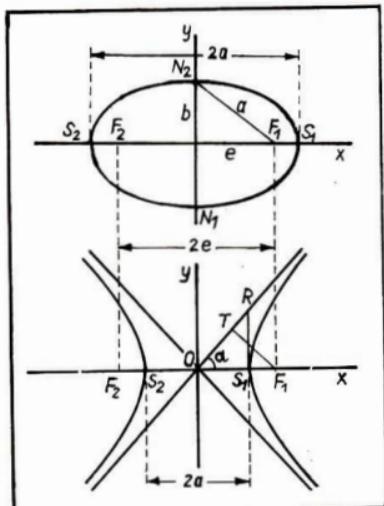
einem Jupiter-Swing-by kann der Geschwindigkeitszuwachs bis zu 42,6 km/s betragen!

3.1. Einiges über Hyperbelbahnen

3.1.1. Beschreibung der Bewegung im Potentialtrichtermodell

Für die folgenden Betrachtungen müssen wir uns näher mit solchen Körpern beschäftigen, die im Gravitationsfeld der Zentralmasse nur eine kurze Gastrolle geben. In unserer Modellvorstellung bedeutet das, eine Kugel, die reibungsfrei über eine horizontale Ebene rollt und demzufolge eine nach Betrag und Richtung gleichbleibende Geschwindigkeit aufweist, gerät in die Mündung eines Potentialtrichters, wo eine veränderliche Hangabtriebskraft auf sie einwirkt (vgl. AuR 2/81, S. 43 ff.). Die Kugel wird sich daher beschleunigen und ihre Bewegungsrichtung verändern. Bei Annäherung an die Trichterachse wird die Beschleunigung und die Richtungsänderung zunehmend größer, da die Wandung des Trichters immer steiler wird. Bewegt sich die Kugel wieder aus dem Trichter heraus, verringert sich ihre Geschwindigkeit – erst rascher, dann immer langsamer. Der ursprüngliche Wert der Geschwindigkeit ist erreicht, wenn sich die Kugel wieder in der Ebene bewegt. Lediglich die Bewegungsrichtung hat sich geändert. Dabei ist klar, daß Kugeln mit anfänglich gleicher Geschwindigkeit um so

Abb. 10: Zur Geometrie von Ellipse und Hyperbel.
(Bei der Hyperbel ist $\overline{OS}_1 = a$, $\overline{S}_1 R = b$ und $OR = e$)



stärker abgelenkt werden, je näher ihre ursprüngliche Bahngerade der Trichterachse kommt. Schneiden sich beide, ergibt sich die größte Ablenkung – nämlich 180° – vorausgesetzt, die Zentralmasse ist punktförmig (der Trichter somit unendlich tief). Ferner ist klar, daß für eine gegebene ursprüngliche Bahngerade die Ablenkung um so kleiner wird, je schneller die Kugel anfänglich lief. Schnelle Kugeln verhalten sich also „steifer“ als langsame. In allen Fällen entstehen sichelförmige Bahnen, deren Krümmung mit zunehmendem Abstand von der Trichterachse schwächer wird. Solche Eigenschaften besitzt die Hyperbel. Daß es sich wirklich um Hyperbeln (oder im Grenzfall um eine Parabel) handelt, müßte bewiesen werden.

3.1.2. Zur Geometrie der Hyperbelbahn

Wie die Ellipse, so besitzt auch die Hyperbel zwei Brennpunkte F_1 und F_2 im Abstand $2e$ und zwei Scheitel S_1 und S_2 . Das sind die beiden Punkte, in denen die Kurve, die bei der Hyperbel aus zwei Ästen besteht, einem der beiden Brennpunkte am nächsten kommt (Abb. 10). Im Unterschied zur Ellipse ist jedoch bei der Hyperbel der Abstand $2a$ der beiden Scheitel kleiner als der Abstand $2e$ der beiden Brennpunkte. Die Strecke e wird in beiden Fällen als lineare Exzentrizität und a als große Halbachse (im Falle der Ellipse) bzw. als reelle Halbachse (im Falle der Hyperbel) bezeichnet. Schon aus der Bezeichnung geht hervor, daß bei der Ellipse noch eine kleine Halbachse existiert. Sie wird mit b bezeichnet und ist gleich dem halben Abstand der Nebenscheitel N_1 und N_2 (Abb. 10). Aus der Definition der Ellipse als geometrischer Ort aller Punkte P , für die $\overline{F_1P} + \overline{F_2P} = \text{const} = 2a$ ist, folgt, daß der Abstand der Nebenscheitel von den Brennpunkten gerade a beträgt. Daher gilt nach dem Lehrsatz des Pythagoras für die kleine Halbachse b

$$b^2 = a^2 - e^2 \quad (15)$$

Obwohl es etwas Entsprechendes wie Nebenscheitel bei der Hyperbel nicht gibt, betrachtet man die Gleichung

$$b^2 = e^2 - a^2 \quad (16)$$

als Definition einer sogenannten imaginären Halbachse b . Die geometrische Bedeutung von b wird klar, wenn man von der Hyperbelgleichung

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

ausgehend das Verhalten von y für $|x| \rightarrow \infty$ untersucht. Aus

$$y = \pm \frac{bx}{a} \sqrt{1 - \frac{a^2}{x^2}}$$

folgt für $|x| \rightarrow \infty$, daß sich die Hyperbel immer mehr an die Gerade

$$y = \pm \frac{b}{a} x, \quad (17)$$

an die sog. Assymptote, annähert. Aus Gl. (17) ergibt sich für $x = a$ die Aussage $y = \pm b$. Das bedeutet: Die imaginäre Halbachse b ist gleich dem Betrag der Ordinate, den die Assymptote im Scheitel der Hyperbel besitzt; z. B. ist $b = S_1 R$ in Abb. 10. Es folgt weiter, daß \overline{OR} als Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks $OS_1 R$ gleich der linearen Exzentrizität e ist, wie uns Gl. (16) lehrt. Es gilt also

$$\overline{OF_1} = \overline{OR} = e.$$

Es sei T der Fußpunkt des Lotes, welches man vom Brennpunkt F_1 auf die Assymptote fällen kann. Aus der Kongruenz der beiden rechtwinkligen Dreiecke $OS_1 R$ und OTF_1 kann eine zweite, für das folgende sehr nützliche Bedeutung der imaginären Halbachse hergeleitet werden: Sie ist gleich der kürzesten Entfernung der Assymptoten vom Brennpunkt. Mit anderen Worten: Es ist

$$\overline{S_1 R} = \overline{TF_1} = b.$$

3.1.3. Zusammenhang der physikalischen mit den geometrischen Größen

Wie hängen die Achsen a und b der Kegelschnitte mit den physikalisch gegebenen Größen zusammen? Beschränken wir uns zunächst einmal auf den Fall einer Kreisbahn des Radius r , so läßt sich durch Einsetzen der Kreisbahngeschwindigkeit v_K , gegeben durch Gl. (8), in die Gleichung der Gesamtenergie, Gl. (6), zeigen, daß die Gesamtenergie

$$W = -\frac{1}{2} \frac{GmM}{r} \quad (18)$$

ist. Die Gesamtenergie ist also kleiner als Null. Ihr absoluter Betrag ist um so größer, je kleiner der Kreisbahnradius ist. Ein auf dem äußersten Rand des Potentialrichters umlaufender Körper hat verschwindend kleine kinetische und verschwindend kleine potentielle Energie.

Für eine Ellipsenbahn läßt sich zeigen, daß die Gesamtenergie durch

$$W = -\frac{1}{2} \frac{GmM}{a} \quad (18')$$

gegeben ist. An die Stelle des Kreisbahnradius r tritt also die große Halbachse a der Ellipse. Überraschend ist, daß die kleine Halbachse b ohne Einfluß ist. Die Gesamtenergie verschwindet für $a \rightarrow \infty$. Im Unterschied zur Kreisbahn bedeutet dieser Grenzübergang im allgemeinen nicht, daß die Bahn ausschließlich in unendlicher Entfernung verläuft. Der kleinste Abstand der Bahn vom Zentrum der Zentralmasse, gegeben durch $a - e$, bleibt nämlich endlich, wenn außer $a \rightarrow \infty$ auch $e \rightarrow \infty$ gilt. Da-

bei nimmt die numerische Exzentrizität $e = \frac{e}{a}$, die bei Ellipsen kleiner als 1 ist, offenbar den Wert 1 an. Es liegt der Grenzfall der Parabel vor, die dadurch charakterisiert ist, daß die kinetische Energie des Körpers in unendlicher Entfernung Null ist und sich im Endlichen allein aus einer entsprechenden Abnahme der potentiellen Energie erklärt. Das heißt mit anderen Worten, daß in jedem Punkt der Bahn die Summe aus potentieller und kinetischer Energie (also die Gesamtenergie) den Wert Null hat.

Wir kommen einen Schritt weiter, nämlich zu Bahnen mit der Gesamtenergie $W > 0$, wenn der Körper mit einer Anfangsenergie W_0 in das Gravitationsfeld eindringt. Dann ist nämlich die Bewegungsenergie in jedem Punkt der Bahn um W_0 größer, als der Abnahme der potentiellen Energie entspricht. In diesem Falle ist (wie sich zeigen läßt) die Bahn eine Hyperbel, für welche die numerische Exzentrizität $e > 1$ ist (da ja stets $a < e$ ist, vgl. Abb. 10). Anstelle von Gl. (18') gilt nun

$$W = +\frac{1}{2} \frac{GmM}{a}, \quad (18'')$$

wobei unter a die reelle Halbachse der Hyperbel zu verstehen ist. Der Brennpunkt fällt mit dem Schwerpunkt der Zentralmasse M zusammen.

3.1.4. Näherungsweise Berechnung des Swing-by-Manövers

In Fortführung der Gedanken des Abschnittes 2.4. läßt sich die Form der Hyperbelbahn im Gravitationsfeld des Swing-by-Partners näherungsweise wie folgt berechnen:

Es wird der Ort Q bestimmt, an dem der Körper in die Wirkungssphäre des Planeten bzw. Mondes eindringt, und der Vektor der Relativgeschwindigkeit $\vec{\Delta}v$ nach Größe und Richtung ermittelt (vgl. 2.4.). Durch Q und die Richtung von $\vec{\Delta}v$ ist eine Gerade definiert, die im folgenden als „Zielgerade“ bezeichnet werde. Diese und der Mittelpunkt der Wirkungssphäre wiederum legen eine Ebene fest, die Bahnebene, in der sich die Bewegung des Körpers abspielt. Die kürzeste Entfernung zwischen der Zielgeraden und dem Mittelpunkt der Wirkungssphäre liefert uns die imaginäre Halbachse b der Hyperbel. Die reelle Halbachse a berechnen wir nach Gl. (18''), indem wir $W = \frac{m}{2} (\Delta v)^2$ setzen:

$$a = \frac{GM}{(\Delta v)^2} \quad (19)$$

In den folgenden Beispielen wollen wir uns auf den besonders einfachen und übersichtlichen Fall beschränken, daß der Eintritt in die Wirkungssphäre des Swing-by-Planeten von einer Hohmann-Bahn aus erfolge.

Beispiel: Anknüpfend an das in Abschnitt 2.5. gerechnete Beispiel werde angenommen, daß eine von der Erde gestartete Raumsonde im Moment des Eintritts in die Wirkungssphäre des Jupiters sich genau in dessen Bahnebene bewege. Dabei sei der Vektor der Relativgeschwindigkeit Δv genau parallel zum Vektor der Bahngeschwindigkeit v_J des Jupiters, die Zielgerade führe aber um die Strecke $3,8 \cdot 10^6$ km am Schwerpunkt des Jupiters vorbei, und zwar so, daß die Sonde der Sonne näher ist als der Jupiter.

In welche Richtung zeigt der Vektor der Relativgeschwindigkeit Δv bei Verlassen der Wirkungssphäre, also nach erfolgtem Swing-by-Manöver?

Wie groß ist die Geschwindigkeit der Sonde, beurteilt von einem heliozentrischen Bezugssystem aus, in welchem die Planetenbahnen ruhen? Welchen Winkel schließt ihre Bewegungsrichtung mit der Bahntangente des Jupiters im selben System ein?

Lösung: Zunächst ist mit Hilfe des Flächensatzes die Geschwindigkeit v_A der Sonde im Apern der Hohmann-Bahn zu bestimmen.

Der Abstand des Aphels der Hohmann-Bahn vom Sonnenmittelpunkt ist gleich dem Kreisbahnradius des Jupiters, vermindert um $3,8 \cdot 10^6$ km, also $r_p - r_J = 3,8 \cdot 10^6$ km = $778 \cdot 10^6$ km - $3,8 \cdot 10^6$ km = $774 \cdot 10^6$ km.

Nach dem Flächensatz ist $v_A = \frac{r_p}{r_A} v$, woraus sich mit den bereits im Beispiel unter 2.5. benutzten Werten $v_A = 7,45$ km/s ergibt.

Durch nach Gl. (8) zu berechnende Geschwindigkeit des Jupiters auf seiner Bahn ist $v_J = 13,06$ km/s. Das bedeutet, daß der Planet die langsamer fliegende Sonde einholt (vgl. Abb. 11 a) und die Sonde ein klein wenig früher die Stelle der größten Annäherung beider Bahnen erreichen muß. Vom Jupiter aus beurteilt, dringt die Sonde mit der Geschwindigkeit $\Delta v = 5,6$ km/s in die

Abb. 11: Swing-by am Jupiter bei Anflug auf einer Hohmann-Bahn.

a) Geschwindigkeitsverhältnisse im heliozentrischen System.

b) Maßstäblich richtige Darstellung der Bahnhyperbel und der Geschwindigkeiten für Zielgeradenabstand $b = 3,8 \cdot 10^6$ km.

Wirkungssphäre ein (vgl. Abb. 11 b). Aus Gl. (19) folgt daher für die große Halbachse

$$a = \frac{GM_J}{(\Delta v)^2} = \frac{1,267 \cdot 10^8 \text{ km/s}^2}{(5,6 \text{ km/s})^2} = 4,03 \cdot 10^6 \text{ km}.$$

Die imaginäre Halbachse b der Hyperbel ist gleich dem kürzesten Abstand der Zielgeraden vom Schwerpunkt des Jupiters, also $b = 3,8 \cdot 10^6$ km.

Der halbe Winkel zwischen den Asymptoten (α in Abb. 10) berechnet sich nun aus $\tan \alpha = \frac{a}{b} = 0,943$; $\alpha = 43,3^\circ$. Beim Wiederaustritt der Sonde aus der Wirkungssphäre bildet der Vektor der Relativgeschwindigkeit $\Delta v'$ einen Winkel von $86,6^\circ$ mit der Bahntangente des Jupiters und ist bahnauwärts gerichtet (s. Abb. 11 b).

Der Geschwindigkeitsvektor v' der Sonde im Planetensystem ergibt sich mit Hilfe des Kosinussatzes aus den Komponenten $\Delta v' = 5,6$ km/s und $v_J = 13,06$ km/s und dem von ihnen eingeschlossenen Winkel $180^\circ - 86,6^\circ = 93,4^\circ$ (siehe Abb. 11) zu $v = 14,5$ km/s.

Nach dem Sinusatz gilt $\frac{\sin \beta}{\sin 93,4^\circ} = \frac{5,6}{14,5}$,

woraus folgt, daß $\beta = 22,5^\circ$ ist.

Winkel β ist identisch mit dem gesuchten Winkel zwischen den beiden Geschwindigkeitsvektoren v und v_J (siehe Abb. 11 b). Die Sonde bewegt sich also unter dem Winkel von $22,5^\circ$ zur Bahntangente des Jupiters nach außen, wobei der Betrag der Geschwindigkeit fast zweimal größer ist als vor dem Swing-by-Manöver.

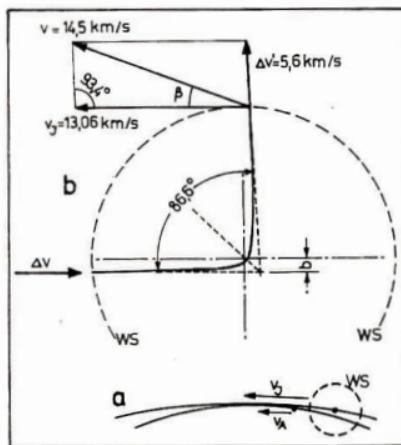
Aufgabe: Um welche Strecke muß die Zielgerade am Schwerpunkt des Jupiters vorbereiten, damit sich die größte Richtungsänderung der Relativgeschwindigkeit $\rightarrow \Delta v$ ergibt? Mit welcher Geschwindigkeit v bewegt sich die Sonde anschließend durch das Planetensystem und welchen Winkel schließt die Bewegungsrichtung mit dem Geschwindigkeitsvektor v_J des Planeten ein? (Aberesehen von der Angabe von b mögen alle Bedingungen der vorangegangenen Aufgabe erfüllt sein.)

Lösung: Die Zielgerade muß näher an Jupiterschwerpunkt vorbelauen als im vorigen Beispiel. Dadurch wird die Aphelgeschwindigkeit der Sonde nur unwe sentlich kleiner (7,41 km/s), die Relativgeschwindigkeit Δv nur unwe sentlich größer und infolgedessen die reelle Halbachse der Hyperbel nur unwe sentlich kleiner. Selbst wenn wir annehmen, v_A wäre gleich dem Jupiter-Bahnradius von $778 \cdot 10^6$ km, ist die sich ergebende Halbachse $a = 3,98 \cdot 10^6$ km nur 1,2 % kleiner als in der vorigen Aufgabe.

Näherungsweise dürfen wir also sagen, daß a konstant ist und tan α der imaginären Achse b (also dem kürzesten Abstand der Zielgeraden von Jupiterschwerpunkt) proportional ist. Die Asymptoten schließen einen um so spitzeren Winkel 2α ein, je kleiner b ist. Jedoch kann b nicht beliebig klein gemacht werden. Eine Grenze ist dadurch gegeben, daß der Scheitel der Hyperbel die Oberfläche des Jupiters berührt. Das ist der Fall, wenn $e - a = R_J$ ist (R_J = Radius Jupiter = 71400 km). Aus $e = R_J + a$ folgt weiter $\sqrt{a^2 + b^2} = R_J + a$ und daraus $b = \sqrt{R_J^2 + 2R_J \cdot a}$

$$b = \sqrt{5,1 \cdot 10^6 + 568,3 \cdot 10^6} \text{ km} = 0,76 \cdot 10^6 \text{ km}.$$

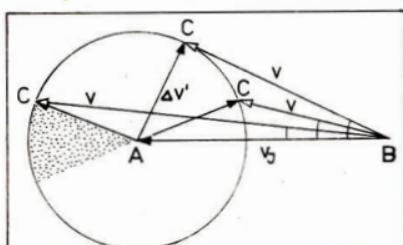
Aus a und b ergibt sich $\alpha = 10,8^\circ$, was bedeutet, daß die Relativgeschwindigkeit Δv beim Austritt aus der Wirkungssphäre einen Winkel von $21,6^\circ$ mit dem Geschwindigkeitsvektor v_J des Jupiters einschließt. Im heliozentrischen System hat die Sonde die Geschwindigkeit $v = 18,4$ km/s, ihre Bewegungsrichtung bildet mit dem Geschwindigkeitsvektor v_J einen Winkel von $6,4^\circ$.



Wie die letzte Aufgabe zeigt, läßt sich nach Anflug auf der Hohmann-Bahn bei „hautnahem Vorbeiflug“ eine Geschwindigkeitssteigerung von 11,0 km/s erreichen. (Die Bewegungsenergie der Raumsonde erhöht sich auf das 6,2-fache.) Die erzielte Geschwindigkeit von 18,4 km/s reicht noch nicht ganz aus, um das Sonnensystem zu verlassen. Dazu wären nach Gl. (10) $\sqrt{2} \cdot 13,06$ km/s = 18,5 km/s erforderlich. Bei geeigneter Konstellation von Saturn, Neptun oder Uranus könnte aber ein zweites Swing-by durchgeführt werden, das der Sonde zur Flucht aus dem Sonnensystem verhelfen würde. Für eine solche Mission würde nach dem in 2.5. gerechneten Beispiel eine Brennschlußgeschwindigkeit von 14,2 km/s ausreichen. Um die Sonde auf einem Wege aus dem Sonnensystem zu befördern, wäre aber – wie in 2.3. gezeigt wurde – eine Brennschlußgeschwindigkeit von 16,7 km/s erforderlich. Der Unterschied scheint nicht sehr bedeutsam zu sein. Man muß jedoch berücksichtigen, daß die Masse der Rakete unverhältnismäßig viel stärker anwächst als die erforderliche Brennschlußgeschwindigkeit. Um eine ungefähre Vorstellung zu geben, läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen (Ausströmgeschwindigkeit $c = 2,5$ km/s, Massenverhältnis $r = 6,2$, Strukturverhältnis $s = 15$) etwa folgendes sagen: Zum direkten Hinauskatapultieren einer Nutzlast von 1 t aus dem Sonnensystem wäre eine vierstufige Rakete von rund 2400 t Startmasse notwendig. Es genügt aber bereits eine vierstufige Rakete von 800 t oder eine dreistufige Rakete von 960 t Startmasse, um dasselbe Ergebnis mit einem zweifachen Swing-by zu erreichen.

Das Wesentliche beim Swing-by-Vorgang besteht darin, daß der Vektor der Relativgeschwindigkeit $\vec{\Delta v}$, der betragsmäßig konstant bleibt,

Abb. 12: Vektorielle Addition der Geschwindigkeit v_J des Jupiters und der Relativgeschwindigkeit $\vec{\Delta v}'$ für 3 verschiedene Swing-by-Manöver von der Hohmann-Bahn. (Der tote Winkel, der durch den von Null verschiedenen Radius des Planeten bedingt ist, wurde durch Punktieren hervorgehoben.)



gedreht wird. Im oben betrachteten Beispiel (Anflug auf einer Hohmann-Bahn) führt die Addition der Geschwindigkeit v_J stets zu einer Energieerhöhung der Sonde, wie in Abb. 12 für eine relativ kleine, eine mittlere und die maximal mögliche Drehung Δv verdeutlicht wird. Im allgemeinen Falle jedoch (d. h. bei Anflug auf Hyperbeln oder Ellipsen, welche die Jupiterbahn schneiden) kann sich die heliozentrische Geschwindigkeit des Raumfahrerkörpers auch verringern. Dieser Effekt kann in der Raumfahrt genutzt werden, um besonders tief in den Gravitationstrichter der Sonne hinabzusteigen, d. h. Bahnellipsen zu erzielen, die besonders nahe an die Sonne heranführen. Um beispielsweise eine Periheldistanz von 3 Millionen km zu realisieren, müßte die Sonde bei direkter Mission die Wirkungssphäre der Erde mit 23,8 km/s verlassen, bei einem Umweg über den Jupiter jedoch nur mit 10,4 km/s.

Bei den bisherigen Betrachtungen lag die hyperbolische Bahn durch die Wirkungssphäre des Jupiters in dessen Bahnebene. Hat die Raumsonde beim Eintritt in die Wirkungssphäre den gleichen Abstand von der Sonne wie der Schwerpunkt des Jupiters, erfolgt der Eintritt jedoch etwas außerhalb der Jupiter-Bahnebene, dann verläuft die Hyperbel innerhalb der Ebene, die senkrecht auf der Bahnebene des Jupiters steht und den Bahnkreis tangiert. Das bedeutet, daß der Vektor $\vec{\Delta v}$ innerhalb dieser Tangentialebene gedreht wird und die heliozentrische Bahngeschwindigkeit nach Verlassen der Jupiter-Wirkungssphäre aus der Jupiterebene herausgeht. So lassen sich Bahnen erzielen, die in den exekliptikalen Raum hinaufführen. Aus Abb. 12 läßt sich ablesen, wie groß die Inklination nach einem Swing-by von der Hohmann-Bahn aus höchstens werden kann. Dazu hat man nunmehr AB als Spur der Jupiterbahnebene aufzufassen. Der Winkel bei B wird am größten, wenn der Vektor der Relativgeschwindigkeit $\vec{\Delta v}'$ senkrecht auf der resultierenden Geschwindigkeit v steht. Aus

$$\sin \beta = \frac{\Delta v'}{v_J} = \frac{5,65 \text{ km/s}}{13,06 \text{ km/s}}$$

folgt $\beta = 25,6^\circ$.

Während sich diese Inklination mit einer Brennschlußgeschwindigkeit von 14,2 km/s erreichen läßt (vergleiche oben), würde eine Kippung der Bahnebene um $25,6^\circ$ direkt von der Erdbahn aus 17,1 km/s erfordern. Es bestehen bereits Projekte, die Bahnebene einer Sonde mit Hilfe des Jupiters um 160° zu drehen, so daß sie den im astronomischen Sinne rückläufigen Halley-schen Kometen anfliegen kann.

Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos

Problemstudie – Teil 1

FRITZ GEHLHAR

Seit dem Start von Sputnik I verzeichnen wir die Auseinandersetzung einer ständig wachsenden Zahl von Menschen mit dem Sinn und der Bedeutung der Raumfahrt. Von Stellungnahmen wie „Warum die Sterne putzen, wo wir doch auf der Erde noch genug Probleme zu lösen haben!“ bis zu der Auffassung, daß in der Raumfahrt der Schlüssel zur Lösung aller irdischen Probleme zu sehen sei, reicht das Spektrum der Meinungen. Die Probleme, die heute mit der Raumfahrt verbunden sind (oder mit ihr in Verbindung gebracht werden), sind freilich nicht erst seit 1957 Gegenstand menschlicher Überlegungen. Sie sind es auch nicht erst seit den zu Anfang unseres Jahrhunderts einsetzenden Arbeiten der „Pioniere der Raumfahrt“ wie Ziolkowski, Goddard, Winkler, Oberth, Esnault-Pelterie, Zander, Koroljow... Erfinder mythologischer Erzählungen, weitblickende Gelehrte, Verfasser utopischer Phantastik ... haben sie behandelt. Die Überwindung der Erdanziehung ist ein uralter Traum, der seit jeher phantasiebegabte, kühne Geister beschäftigte.¹

Eine neue Dimension erhielten diese Träume und Überlegungen mit der Durchsetzung des Entwicklungsgedankens in der Astronomie im vorigen Jahrhundert. Unsere Erde, das Planetensystem mit seinem Zentralgestirn wie alle anderen kosmischen Objekte erwiesen sich als geworden, veränderlich und vergänglich. Die ewige Ordnung und Harmonie des Himmels war dahin. Damit wurde die Frage der kosmischen Zukunft der Menschheit ein reales Problem. F. Engels gibt die herrschende Meinung seiner Zeit wieder, wenn er die Vorstellungen von einer endlichen Lebensdauer irdischen Lebens in die philosophischen Konzeption von Veränderungen, Kreislauf und Entwicklung einordnet:

„Indes, ‚alles was entsteht, ist wert, daß es zugrunde geht‘. Millionen Jahre mögen darüber vergehen, Hunderttausende von Geschlechtern geboren werden und sterben; aber unerbittlich rückt die Zeit heran, wo die sich erschöpfende Sonnenwärme nicht mehr ausreicht, das von den Polen herandrängende Eis zu schmelzen, wo die sich mehr und mehr um den Äquator zusammendrängenden Menschen endlich auch dort nicht mehr Wärme genug zum Leben finden, wo nach und nach auch die letzte Spur organischen Lebens verschwindet und die Erde, ein ersterbner, erfrorener Ball wie der Mond, in tiefer Finsternis und in immer engeren Bahnen um die ebenfalls ersterbene Sonne kreist und endlich hineinfällt...“ (22, S. 324).

Auf diese Darstellung trifft zu, was Engels selbst über die Entwicklung des Materialismus gesagt hat: mit jeder epochemachenden Entdeckung der Naturwissenschaft müsse er seine „Form“ ändern ([3], S. 278). Wir sehen diese Frage in einem anderen Licht. Einer derjenigen, die diese neue Sicht vorbereiteten, war Ziolkowski, der Ende des vorigen Jahrhunderts den Gedanken der Besiedlung des Weltraums durch die Menschheit formulierte und ihn philosophisch, technisch, medizinisch und biologisch begründete. (vgl. [4], bes. S. 230). Mit Beginn der praktischen Raumfahrt hörte die Beschäftigung mit den philosophischen Fragen der Raumfahrt auf, Gegenstand der Überlegungen weniger Einzelner zu sein. In der bürgerlichen Philosophie kam es zur Entwicklung „kosmischer Philosophien“ oder zum Aufgreifen bereits vorhandener philosophischer Konzeptionen, nach denen dem Menschen oder der Vernunft eine besondere Rolle in der Evolution des Kosmos zugeschrieben wird. Auch marxistische Philosophen begannen, sich verstärkt mit der Beziehung Mensch – Kosmos auseinanderzusetzen, naturgemäß vor allem sowjetische Philosophen. Nach dem Bericht von Ursul/Schkolenko sind in der Sowjetunion seit Beginn der 60er Jahre mehr als 250 Arbeiten zu dieser Problematik erschienen; in den regelmäßigen in Kaluga stattfindenden „Ziolkowski-Lesungen“ wurde eine spezielle Sektion „K. E. Ziolkowski und die philosophischen Probleme der Erschließung des Kosmos“ eingerichtet. Es entwickelte sich die Forschung auf dem Gebiet der philosophischen Fragen der Kosmonautik; man kann sogar von der Herausbildung einer wissenschaftlichen Schule sprechen ([5], S. 64).

Die von der Arbeitsrichtung „Philosophische Probleme der Erschließung des Kosmos“ zu untersuchenden Fragen sind sehr vielfältig und

meist sehr grundsätzlicher Natur. Bei den Lösungsansätzen zu diesen Problemen gibt es oft – auch unter den marxistischen Philosophen – recht divergierende Auffassungen. Dies ist allerdings angesichts der Neuheit vieler dieser Fragen und der geringen Zeit, da in dieser Forschungsrichtung gearbeitet wird, nicht verwunderlich.

Oft ist es auch sehr schwer zu unterscheiden, ob ein Gedanke kühn und weitblickend oder ob er einfach zu spekulativ ist. Mitunter kann auch das Ergebnis der Analyse eines Problems sein, daß dieses in Gegenwart und naher Zukunft nicht lösbar ist.

Ausgangspositionen

Arbeitsrichtung „Philosophische Probleme der Erschließung des Kosmos“

Ziolkowski bezeichnete den konzeptionellen Hintergrund seiner Idee der Besiedlung des

Weltraums durch den Menschen oft als „kosmische Philosophie“. Gibt es eine „Kosmosphilosophie“ oder „Raumfahrtphilosophie“? Was wäre das – eine philosophische Disziplin mit eigenem Gegenstand und besonderen Methoden oder eine besondere Spielart von Philosophie? Natürlich gibt es „Kosmosphilosophien“ – als philosophische Richtungen, in denen der Kosmos, die Mensch-Kosmos-Beziehung bzw. das Verhältnis von menschlicher Vernunft, Bewußtsein Gottes und Kosmos eine dominante, überhöhte Rolle spielen, – als Spielerarten bürgerlicher Philosophie. Aber wie verhält es sich mit der Einordnung der Forschung auf dem Gebiet der philosophischen Probleme der Erschließung des Kosmos in die wissenschaftliche Philosophie des Marxismus-Leninismus?

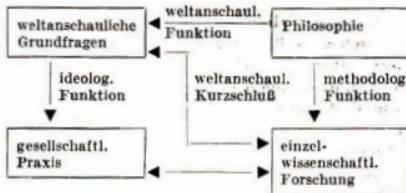
Bei dieser Einordnung lassen sich sinngemäß die Ergebnisse der Diskussion um das Selbstverständnis und die Einordnung der Arbeitsrichtung „Philosophische Fragen der Naturwissenschaft“ übernehmen.² Gegenstand unserer Philosophie sind die allgemeinsten Gesetze und weltanschaulichen Aspekte von Natur, Gesellschaft und Denken. Es ist bis jetzt nicht gelungen, spezifische Gesetze der Natur als Ganzes von philosophischer Bedeutung aufzudecken. Auch in Engels’ „Dialektik der Natur“ ging es nicht darum. Vielmehr hatte er sich das Ziel gestellt, den Nachweis des Wirkens der allgemeinen Gesetze der Dialektik auch in der Natur zu erbringen. Zum anderen analysierte er die subjektive Dialektik des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Daher geht man heute davon aus, daß es eine Arbeitsrichtung „Philosophische Probleme der Naturwissenschaften“ gibt, die von Spezialisten betrieben wird, bestimmte Aspekte des allgemeinen Gegenstandes der Philosophie untersucht und dabei die Erkenntnisse aller philosophischen Teildisziplinen heranzieht.

Ganz analog möchte ich die Einordnung der Arbeitsrichtung „Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos“ sehen. Hier könnte es allerdings zu einer gewissen Kollision mit der Bestimmung der Arbeitsrichtung durch Ursul/Schkoleno kommen. Diese haben ihr nämlich die Aufgabe zugeschrieben, die „allgemeisten Gesetzmäßigkeiten und charakteristischen Merkmale der Wechselwirkung von Menschheit und Kosmos, Mensch und Weltall“ zu erforschen ([5], S. 64).

Der marxistische Standpunkt zu den Aufgaben einer „Naturdialektik“ wurde in Konfrontation zu der Art von Philosophieren, wie sie die spekulative Naturphilosophie betreibt, herausgearbeitet. Diese versucht bekanntlich, die Naturgesetze aus allgemeinen philosophischen Aussagen abzuleiten, statt sie aus der konkreten Erforschung der Natur zu gewinnen. Diese Gegenüberstellung zur Naturphilosophie u. a. führt uns auf die Frage nach den

Funktionen der Philosophie

Die wissenschaftliche Philosophie hat gegenüber den Einzelwissenschaften und auch gegenüber der sehr komplexen Problematik der Erschließung des Kosmos drei Funktionen zu erfüllen, eine weltanschauliche, eine ideologische und eine methodologische Funktion ([6], Kap. III; s. auch [7], [8].)



Ihre *weltanschauliche Funktion* erfüllt die Philosophie, wenn sie auf der Grundlage ihrer Prinzipien Antworten auf die weltanschaulichen Grundfragen gibt, d. h. auf die Fragen nach der Stellung des Menschen in der Welt, dem Ursprung der Welt, der Quelle des Wissens, dem Sinn des Lebens, dem Charakter des gesellschaftlichen Fortschritts ([6], S. 118). Diese Antworten auf die weltanschaulichen Grundfragen sind zugleich Orientierungen für das Handeln in der Gesellschaft. Da diese Normen oder Regeln des Verhaltens heute durch Klassenbeziehungen determiniert sind, sprechen wir von der „*ideologischen Funktion*“ der Philosophie. Gegenüber der einzelwissenschaftlichen Forschung übt die Philosophie eine methodologische Funktion aus, indem sie über präzisierte philosophische Aussagen, erkenntnistheoretische Begriffsanalyse und philosophische Hypothesen *heuristische Hilfe* für den Erkenntnisprozeß gibt (S. 126 ff.). Direktes Schließen von einzelwissenschaftlichen Ergebnissen auf Antworten zu weltanschaulichen Grundfragen und umgekehrt von Antworten auf weltanschauliche Grundfragen auf einzelwissenschaftliche Aussagen oder auch Forschungskonzeptionen bedeutet einen *weltanschaulichen Kurzschluß*, der zu unzulässigen Ergebnissen führt (S. 111, 134–135).

Weltanschaulicher Aspekt

Das Grundproblem, mit dem wir es hier zu tun haben, ist die Frage der Beziehung Mensch – Kosmos. Die weltanschaulichen Grundfragen kann man unter der Frage nach der Stellung des Menschen in der Welt zusammenfassen. Mitunter werden diese Fragen identifiziert. Das bedeutet einen weltanschaulichen Kurzschluß. Sie haben zwar viel miteinander zu tun, sind aber doch unterschiedlichen Charakters. Ihre exakte Aufgabe ist eine der Aufgaben der philosophischen Analyse der Kosmosforschung. Sie muß u. a. bis zur begrifflichen Abklärung von „Welt“, „Kosmos“, „Weltraum“, „Weltall“ usf. geführt werden.³ Sicher ist hier zumindest, daß die Klärung der Frage Mensch – Kosmos naturwissenschaftliche Antworten auf die Frage nach der Stellung unseres Lebensbereiches in der kosmischen Ordnung der Natur, auf die Frage

nach der natürlichen Herkunft unseres Lebens usf. geben muß und gibt. Philosophische Aussagen über die Stellung des Menschen in der Welt müssen sich wesentlich hierauf stützen.

Nun wird aber im Zusammenhang mit der Suche nach außerirdischen Zivilisationen (CETI-Forschung) die Frage nach dem kosmischen Charakter der sozialen Bewegungsform der Materie gestellt. (vgl. [11], S. 271–78; [12], S. 194–245)

Wenn wir die Berechtigung einer solchen Fragestellung zugeben, dann können wir nicht mehr von vornherein den Kosmos mit der gesamten nichtirdischen Natur gleichsetzen. Was also ist der Kosmos? Es soll hier nicht der Versuch zur Beantwortung dieser Frage unternommen werden. Ich möchte mich darauf beschränken, den grundsätzlichen philosophisch-weltanschaulichen Ausgangspunkt für die Behandlung der philosophischen Fragen der Erschließung des Kosmos zu formulieren: Die Stellung des Menschen in der Welt ist bestimmt durch seine Existenzweise, also durch die bewußte, zielgerichtete Tätigkeit, in der der Mensch seine natürliche Umgebung umgestaltet und damit die Mittel seiner Existenz und Entwicklung schafft. Damit ist die philosophische Fragestellung, mit der wir an die Beziehung Mensch – Kosmos herangehen, die Frage nach der Rolle des Kosmos in der menschlichen Lebenstätigkeit. Es liegt auf der Hand, daß hier mit dem Beginn der Raumfahrt eine neue Etappe im Verhältnis Mensch – Kosmos gegeben ist. Auch wenn wir die Frage nach dem „kosmischen Charakter der sozialen Bewegungsform der Materie“ im Auge haben, machen wir keinen groben Fehler, wenn wir das Wesen dieser neuen Etappe in der bedeutenden quantitativen und qualitativen Ausweitung des natürlichen Bereiches, der in die menschliche Lebenstätigkeit einbezogen wird, sehen (vgl. Ursul in [4], S. 205).

Auf den erkenntnistheoretisch-methodologischen Aspekt, insbesondere auf seinen heuristischen Charakter, werden wir im Zusammenhang mit der Frage der kosmischen Zukunft der Menschheit zurückkommen.

Hauptprobleme

In der sowjetischen Forschung zu den philosophischen Fragen der Raumfahrt haben sich folgende Schwerpunktprobleme herausgeschält: 1. Raumfahrt und Entwicklung der menschlichen Tätigkeit; 2. kosmische Aspekte der Wechselwirkung von Mensch und Natur; 3. Probleme der außerirdischen Zivilisationen; 4. Raumfahrt – Gesellschaftsordnung – weltanschauliche Auseinandersetzungen. [vgl. [5], [11], [12]]

Analyisiert man den gesellschaftlichen Lebensprozeß des Menschen im Zusammenhang mit den Problemen der

Erschließung des Kosmos, dann findet man diese Schwerpunktsetzung bestätigt. Einen relativ systematischen Überblick zu diesen Schwerpunkten habe ich in [13] gegeben. Es wurde dort schon auf einige ungeklärte bzw. unklare Fragen hingewiesen. Im Charakter dieser Studie liegt es, daß einige Aspekte des Problemkomplexes noch weiter problematisiert werden. Aus Platzgründen kann hier nicht das ganze Spektrum der Probleme angesprochen werden. Zwecks Vermeidung des Eindrucks einer einseitigen Sicht möchte ich den Leser deshalb auf die Darstellung in [13] verweisen.

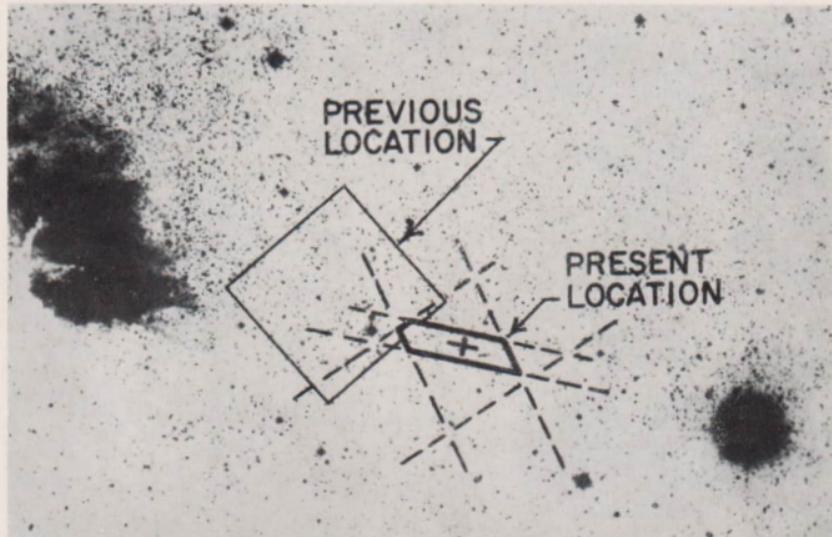
Raumfahrt und „Kosmisierung“ der menschlichen Tätigkeit

Die Raumfahrt hat für die verschiedensten menschlichen Tätigkeiten und Lebensbereiche wichtige Fortschritte gebracht. In der wissenschaftlichen Forschung, bei der Entwicklung neuer Fertigungsverfahren und Werkstoffe, im Nachrichtenwesen, im Wetterdienst, in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft, in der Lagerstättenkundung, der Konsumgüterproduktion usf. Im Zusammenhang mit diesen über die Raumfahrt bewirkten Veränderungen der menschlichen Tätigkeiten haben sowjetische Autoren (Warwarow, Paddejew u. a.) den Ausdruck „Kosmisierung“ eingeführt (vgl. [12], S. 46/47). Man spricht danach von der „Kosmisierung der Wissenschaften“, der „Kosmisierung der Produktion“ usw. Dabei wird „Kosmisierung“ als die „Ausnutzung der Faktoren des Kosmos in der zielgerichteten menschlichen Tätigkeit auf der Erde“ bestimmt ([11], S. 265). Sowohl die Bezeichnung „Kosmisierung“ als auch ihre Interpretation enthalten m. E. eine gewisse Problematik.

Ist die Einbeziehung kosmischer Faktoren in die menschliche Tätigkeit auf der Erde eine mit der Raumfahrt auftauchende Erscheinung? Wird demzufolge auch die Beziehung Mensch – Kosmos mit der Raumfahrt erstmalig ein philosophisch-weltanschauliches Problem?

„Mensch und Kosmos“ – ein neues Problem ?

Natürlich ist dies nicht der Fall! In vielfältiger Weise war der Kosmos schon seit jeher in den menschlichen Lebensprozeß auf der Erde einzbezogen. Es soll nur an die weltanschauliche Bedeutung der kosmologischen Vorstellungen des Mythos oder auch der astronomischen Weltbilder der Pythagoräer, des Ptolemäus, von Copernicus usf. erinnert werden (vgl. [14]); oder an die Rolle der Astrologie bei dem Versuch, den „Sternenhimmel“ in die geistige „Daseinsbewältigung“ des Menschen einzubeziehen. Bis zum Entstehen der Naturwissenschaften überwog die weltanschauliche Komponente bei der Einbeziehung des Kosmos in den menschlichen Lebensprozeß. Trotzdem war sie nur eine Komponente. Der Mensch benutzte seit langem Gang



Zum Beitrag „Neutronensterne“ (S. 131)

Vergrößerung des Palomar Sky Survey, welche den mit dem UHURU-Satelliten festgestellten Ort der Röntgenquelle Cyg X-1 zeigt. Das heute als Zentrum angenommene Gebiet ist mit (+) markiert. (Abb. aus ApJ Vol. 165 Nr. 2 Part 2 Plate 3).

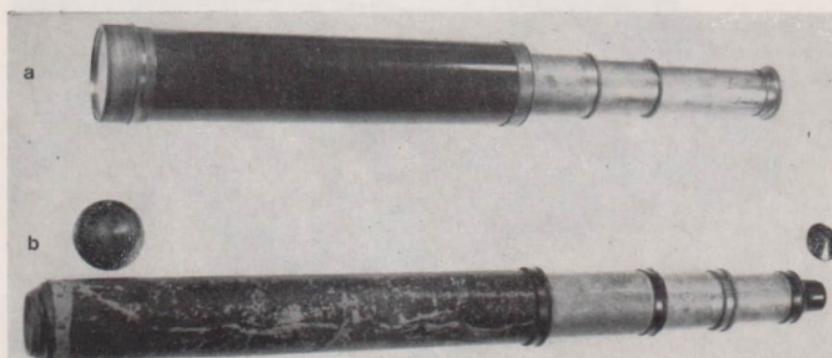
Zum Beitrag „John Dollond...“ (S. 134)

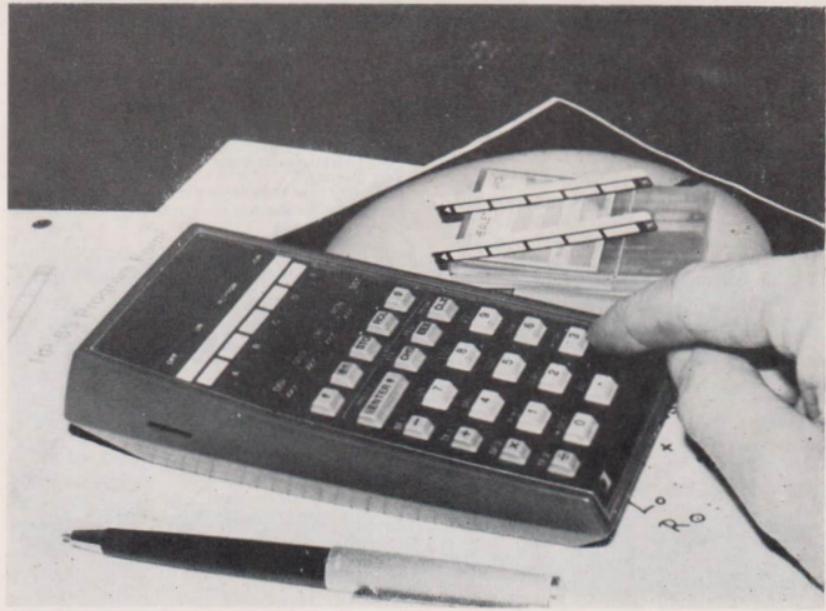
Abb. 3: a) Achromatisches Erdfernrohr von Dollond, London um 1780 (Mahagoni, 3 Messing-auszüge)

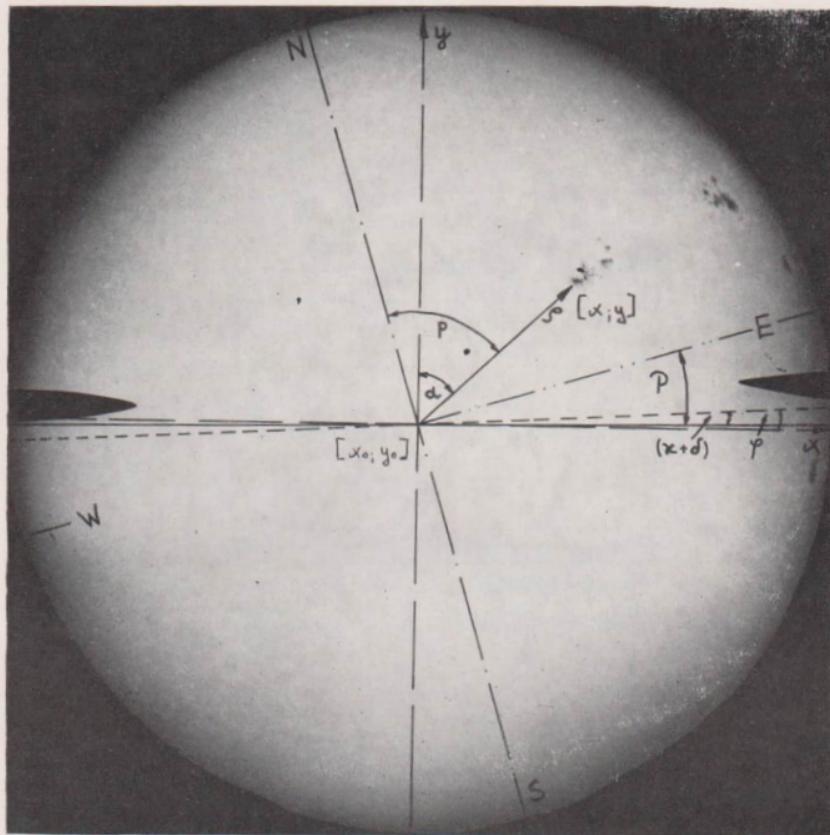
zum Vergleich

b) Nichtachromatisches Erdfernrohr, 17. Jahrh. (Pappe mit Leder, 3 Pergamentauszüge, Hornringe)

	Fernrohr	
Objektiv	a	b
freier Objektivdurchmesser	41 mm	15 mm
Vergrößerung	19,5 ×	9 ×
Gesichtsfeld auf 1000 m	22 m	21 m
Scheinbares Gesichtsfeld	23 °	10,8 °
Länge, ausgezogen	700 mm	760 mm







Zum Beitrag S. 147, Sonnenfleckenpositionsbestimmung

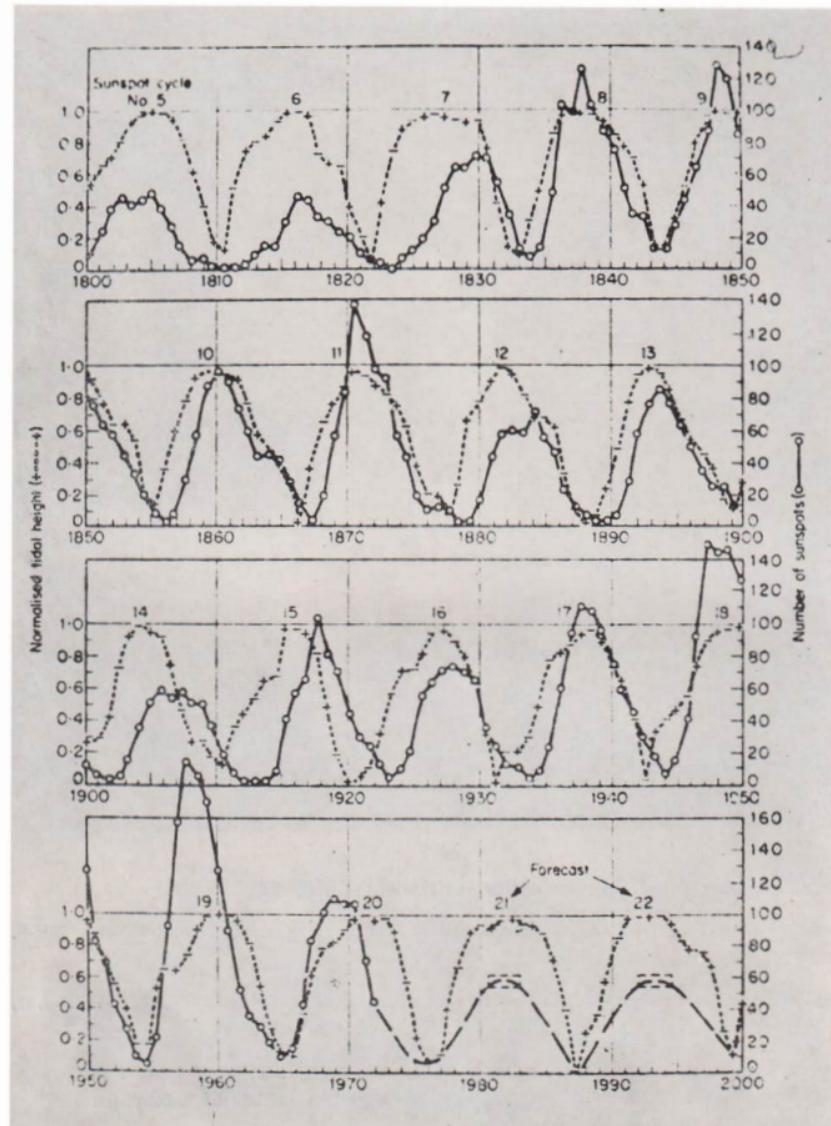
Abb. 1: Kamera für photogrammetrisch auswertbare Sonnenbilder (Erläuterungen im Text). – Bild-S. II, oben links.

Abb. 2: Koordinatenmeßgerät „Komeß“, des VEB Carl Zeiß Jena (Photo aus ASTRO 60). – Bild-S. II, oben rechts.

Abb. 3: Sonnenaufnahme vom 1. 6. 1979, 14,32 MEZ. – Bild-S. III, oben.

- auf Sonnenbildmittelpunkt verschobene Verbindungslinie der Nadelspitzen
- Ost-West-Richtung
- Rotationsachse der Sonne
- messendes Koordinatensystem

Abb. 4: Programmierbarer Taschenrechner HP 65. – Bild-S. II, unten.



Zum Beitrag S. 145: Planetenparade...

Berechnung der Gezeitenwirkung von Erde, Venus und Jupiter auf die Sonne (gestrichelte Kurve)
Vergleich mit den Sonnenfleckenzahlen (ausgezogene Kurve) seit 1880. Für den Zeitraum bis 2000
wurden die Vorhersagen von K. D. Wood verwendet (nach Gribbin/Plagemann).

und Stand der Gestirne, um sich bei seinen Bewegungen auf der Erde zu orientieren, für die Zeitbestimmung, die Kalenderrechnung. Später wurde der Kosmos zum Prüf- und Entdeckungsfeld für die naturwissenschaftliche Forschung: Die Planetenbewegung diente Newton zur Überprüfung seines Gravitationsgesetzes. O. Römer berechnete aus den Verfinsterungszeiten der Jupitermonde 1676 die Geschwindigkeit des Lichtes. N. Lockyer entdeckte 1868 bei spektroskopischen Untersuchungen der Sonnenprotuberanzen das Helium...

Im Grunde genommen ist der Einfluß des Kosmos auf das menschliche Leben noch viel umfassender. Jahreszeiten sind ein kosmischer Effekt, Klima und Klimaänderungen teilweise durch kosmische Einflüsse bedingt. Diese wirken wesentlich auf verschiedene unserer Lebensphären ein, u. a. auch auf die Produktion, und hier wiederum vor allem auf die Landwirtschaft. Diese Überlegungen verweisen bereits darauf, daß unser *Heimatplanet ein zum Kosmos hin offenes System* ist. Die Erde ist im Kosmos und als sein natürliches Entwicklungsprodukt entstanden und verändert sich unter seinen Einflüssen. Ständig wirkt er auf sie ein. L. Büchner formulierte in „Kraft um Stoff“ recht treffend: „Wenn ... die religiöse Weltanschauung lehrt, daß wir nach Vollendung unserer irdischen Laufbahn bestimmt sind, in den Himmel zu kommen“, so lehrt die astronomische Forschung im Gegentheil, daß wir in diesem ... Himmel bereits drin sind ...“ (15), S. 80).

Es besteht also bereits vor Beginn der praktischen Raumfahrt der Einfluß des Kosmos auf alle Lebensphären des Menschen – von der Produktion über die wissenschaftliche Erkenntnis bis hin zur Weltanschauung. Wenn wir also eine neue Etappe in der Entwicklung des Verhältnisses von Mensch und Kosmos mit „Kosmierung“ charakterisieren, so kann damit der Eindruck erweckt werden, als habe es früher keinen „Einfluß kosmischer Faktoren auf die menschliche Tätigkeit auf der Erde“ gegeben. Insofern ist diese Wortwahl etwas unglücklich, die dazu gegebene Definition ungenau. Gemeint ist damit aber die Rückwirkung der aktiven Tätigkeit des Menschen außerhalb der Erde, im Rahmen der Raumfahrt, auf die Tätigkeit und den Lebensprozeß des Menschen auf der Erde. In dieser Hinsicht bestehen natürlich keine Meinungsverschiedenheiten.

Anmerkungen

- ¹ R. Gilsenbach hat im „Ewigen Sindbad“ eine schöne Anthologie literarischer Dokumente des Traums vom Reisen, Fliegen und der Weltumfahrt, vom Etana-Epos bis zur heutigen science fiction vorgelegt (1).
- ² Vgl. „Zur Diskussion um die ‚Naturdialektik‘ oder die Disziplin ‚Philosophische Probleme der Naturwissenschaft‘“ in [6], S. 93–114.
- ³ Vgl. die Stichworte „Kosmos“, „Weltall“ in [9], „Kosmos“ in [10].

Literatur: [1] R. Gilsenbach: Der ewige Sindbad; Kinderbuchverlag Berlin. – [2] F. Engels: Dialektik der Natur; in: Marx/Engels, Werke Bd. 20. – [3] ders.: Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie; in: Marx/Engels, Werke, Bd. 21. – [4] Die Ideen K. E. Ziolkowskis und die Gegenwart; Moskau 1979 (russ.). – [5] A. D. Ursul/Ju. A. Schkolenko: Sozialphilosophische Probleme der Erschließung des Kosmos; in: Voprosy filosofii, Heft 1/1981. – [6] H. Hörz: Marxistische Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1974. – [7] J. Erpenbeck/H. Hörz: Philosophie contra Naturwissenschaft?; Berlin 1977. – [8] F. Gehlhaar/H. Hörz: Materialistische Dialektik und Astronomie; Astronomie in der Schule 14 (1977), Heft 6. – [9] H. Hörz/R. Löther/S. Wollgast (Herausg.): Wörterbuch „Philosophie und Naturwissenschaften“, Berlin 1978. – [10] H. Melke: transpress Lexikon „Raumfahrt“, Berlin 1978. – [11] A. D. Ursul: Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos; in: Philosophische Fragen der Naturwissenschaft – Übersicht über die Arbeiten sowjetischer Wissenschaftler, Teil I; Moskau 1976, S. 200–292; russ. – [12] ders.: Menschheit – Erde – Weltall; Moskau 1977 (russ.). – [13] F. Gehlhaar: Weltanschaulich-philosophische Fragen zur Erschließung des Kosmos, Teil I und II; in: Astronomie in der Schule 16 (1979), Heft 5 und 6. – [14] ders.: Kosmologie und Philosophie; in: Astronomie und Raumfahrt 19 (1981), Heft 2. – [15] L. Büchner: Kraft und Stoff; Leipzig 1902.

Planetenparade, „Jupitereffekt“ und Überlebenspäckchen

D. B. HERRMANN

„Denn im Frühjahr 1982 geschieht ein seltenes Himmelspektakel: Alle neun Planeten stehen – von der Erde aus gesehen – hintereinander. Unvorstellbare Kräfte werden dann an der Oberfläche unseres Planeten zerren. Pessimisten fürchten Schlimmes: Längst verlöschene Vulkane brechen wieder aus, Staudämme stürzen ein und Erdverschiebungen brechen breite Spalten in die Landschaft. Hafenstädte ertrinken in riesigen Flutwellen“, meldete die (West)Berliner „Morgenpost“ am 6. 8. 1978 und ähnlich Dramatisches war auch in anderen westlichen Massenkommunikationsmitteln zu erfahren.

In letzter Zeit sind in populärastronomischen Journals und Büchern zahlreiche Betrachtungen zur sogenannten Planetenparade erschienen. Die Autoren gehen darin der Frage nach, inwieweit man überhaupt von einer „Parade“ sprechen könne, welche Positionen die Planeten 1981/82 zueinander einnehmen und welche gravitativen Wirkungen von der nur sehr näherungsweisen „Aufreihung“ der Planeten zu erwarten sind. Prognosen der westlichen Tagespresse, daß unserer Erde besondere Katastrophen infolge der Planetenparade bevorstünden, wird dabei glücklicherweise auch in kapitalistischen Ländern mit den verschiedensten Argumenten wirkungsvoll entgegengestellt.

Die erwähnten Stellungnahmen zahlreicher Wissenschaftler haben Spekulationen wie die oben zitierte ins Reich der Phantasie verwiesen.

Die durch die Planetenkonstellation zustandekommende zusätzliche Massenanziehung ist verschwindend gering und die Sorge, daß diese geringfügigen Kräfte so außerordentliche Wirkungen zeitigen könnten, ist damit vergleichbar, – wie ein Kollege berechnete – daß eine Person einen für 6 Personen zugelassenen Fahrstuhl besteigt und befürchtet, durch Mitnahme eines Briefes von 20 g den Fahrstuhl zu überlasten. Wie kommt es in westlichen Medien zu derartig unsinnigen Kolportagen, wenn andererseits einfache Überlegungen die offenkundige Haltlosigkeit entsprechender Spekulationen aufzeigen?

Hierfür sind mehrere Gründe maßgebend. Einerseits sind derartige Katastrophen-Prognosen in der kapitalistischen Welt stets in Zeiten wirtschaftlicher Instabilität gehäuft anzutreffen. Sie gehören gleichsam zum Mechanismus des Systems, indem düstere gesellschaftlich verursachte Zukunftsaussichten die „Nachfrage“ nach okkulten Katastrophen mehren und so über den Profitmechanismus deren Verbreitung begünstigen. Andererseits gibt es dafür zumeist wissenschaftliche Hintergründe, die – bis zur Unkenntlichkeit entstellt – in plattesten Varianten unter die Massen gebracht werden. In unserem Fall ist in diesem Zusammenhang das bereits 1974 erschienene Buch von John Gribbin und Stephen Plagemann „Der Jupiter-Effekt“ zu erwähnen. In diesem Buch gehen die beiden Wissenschaftler der Frage nach, ob die von den Planeten, insbesondere von Venus (wegen ihrer Nähe) und von Jupiter (wegen seiner Masse) ausgehende Gravitationswirkung gegebenenfalls die Sonnenaktivität beeinflussen könnte.

Zur Untersuchung dieser Problematik zogen die Autoren zahlreiche ältere Sonnenbeobachtungen heran und verglichen die Sonnenfleckenergebniszahlen mit dem von Venus, Erde und Jupiter hervorgerufenen Gezeiteneffekt auf der Sonne. Die entsprechenden statistischen Daten benutzten sie u. a. auch für eine Prognose der Entwicklung der kommenden Sonnenfleckenzyklen bis zum Jahre 2000.

Sollte sich ein solcher Einfluß bestätigen – die Sonnenfleckelperiodizität selbst hat hiermit bekanntlich unmittelbar nichts zu tun – so wäre auf indirektem Wege eine Beeinflussung irdischer Ereignisse denkbar. Die Wissenschaftler berufen sich hierbei auf mehrfach festgestellte Sprünge in der Tageslänge der Erde, die möglicherweise durch Spalten der Sonnenaktivität ausgelöst wurden. So hatte der französische Wissenschaftler Danjon nach der Sonneneruption vom 15. Juli 1959 eine rasch wieder zurückgehende Verlängerung der Dauer des irdischen Tages um einige Millisekunden fest-

gestellt. Auch eine im August 1972 erfolgte mächtige Sonneneruption war mit einem sprunghaften, wenn auch geringen Anwachsen der Tageslänge verbunden. Über den Wirkungsmechanismus einer von der Sonne ausgehenden Beeinflussung der Erdrotation gibt es noch keinerlei definitive Aussagen. Ebenso umstritten ist die Annahme von Gribbin und Plagemann, daß besonders empfindliche Stellen innerhalb der Plattentektonik der Erde, wie z. B. das Grenzgebiet der ineinander verkeilten pazifischen und der amerikanischen Platte (San-Andreas-Spalte), durch geringfügige Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit der Erde zur Auslösung von Erdbeben führen können.

Sowjetische Experten haben in einer Stellungnahme zum Problem der Planetenparade unterstrichen, daß es weder genügend sichere Anhaltspunkte für einen Einfluß der Planeten auf die Sonnenaktivität noch einen gesicherten Zusammenhang zwischen Sonnenaktivität und seismischen Prozessen der Erde gebe. Die Auswertung von insgesamt 21873 Erdbeben von 1910 bis 1945 habe keinerlei Zusammenhänge erkennen lassen, schreibt W. Mosherin vom Krim-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in einem Beitrag in der Iswestija vom 4. 8. 1978.

Alles in allem verbirgt sich also hinter den Prognosen um die Planetenparade letztlich eine wissenschaftlich legitime, aber bisher ungeklärte Fragestellung, die von verschiedenen westlichen Presseorganen in völlig unzulässiger Weise auf eine direkte gravitative Wirkung der Planeten auf die Erde reduziert wurde, von der Hypothese des „Jupiter-Effektes“ natürlich überhaupt keine Rede ist. Daß diese Art von Massenverdummung geschäftstüchtigen Spekulanten recht willkommen ist, entnimmt man einer Meldung, die davon berichtet, daß die großen Warenhäuser in Tokio bereits tausende Überlebenspäckchen verkauft haben, in denen Schutzmasken, Feldflaschen, Rettungsseile und Spezialflaschen enthalten sind. Das Geschäft mit der Angst unter dem Deckmantel einer „Gefahr aus dem Weltall“ steht also in unmittelbarem Zusammenhang mit den scheinbar so wissenschaftlich fundierten Meldungen, die in Wirklichkeit die einfachsten Naturgesetze ignorieren oder unausgegorene Hypothesen kolportieren, die besser in den Laboratorien der Wissenschaftler ausreifen sollten, ehe sie einer breiten Öffentlichkeit vorgelegt werden.

Im übrigen ist es leider klar, daß der Schaden von in Boulevardblättern millionenfach verbreiteten Unsinn nicht durch seriöse Gegendarstellungen in „gehobenen“ Blättern mit kleiner Auflagenhöhe wieder neutralisiert werden kann.

Photogrammetrische Sonnenfleckenpositionsbestimmung

ACHIM GRÜNBERG / DIETER RICHTER

Im Rahmen unserer Mitarbeit in der AG „Sonne“ führen wir (an der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“ Radebeul) absolute Sonnenfleckenpositionsbestimmungen durch.

Unter den drei bekanntesten Methoden, die ausführlich in [1] beschrieben sind, der Durchlaufmethode, der Methode der direkten Markierung und der photographischen Methode, haben wir uns für die letztere entschieden, die allerdings weitgehend modifiziert wurde. Folgende Gründe bewogen uns dazu:

- Die photographische Methode ist aufgrund der geringen Expositionzeiten auch bei-kurzzeitig aufgerissener Bewölkung brauchbar.
- Das Negativ ist ein bleibendes Dokument und gibt Auskunft über Lage, Form und Entwicklung der Flecken.
- Die vom Meß- und Rechenaufwand sehr arbeitsintensive Auswertung kann von Mitgliedern unserer Jugendklubs durchgeführt werden, die sonst, von der Beobachtung her gesehen, wenig Möglichkeit hätten, sich aktiv an der Sonnenbeobachtung zu beteiligen.

Die Aufnahmetechnik

Bei der Konzeption des Verfahrens wurde davon ausgegangen, das Hauptinstrument der Sternwarte, den Zeiß-Coudé-Refraktor 150/2250 einzusetzen. Die ortsfeste Aufstellung, die schnelle Betriebsbereitschaft und die Möglichkeit einer bequemen Arbeitsweise waren Gründe dafür.

Um den Informationsgehalt des Objektivs besser auszuschöpfen, wird die Okularprojektionsmethode angewandt. Eine Vergrößerung des 20 mm großen Fokalbildes der Sonne auf etwa 42 mm, also um etwa das Doppelte, führt zu keinen meßbaren Verzeichnungen, obwohl kein spezielles Projektionsoptik, sondern ein handelsübliches orthoskopisches Okular $f = 40$ mm verwendet wird. Die photographische Apparatur setzt sich aus folgenden Teilen zusammen (Abb. 1)*:

1. Ringschwalbenflansch für Coudé-Refraktor mit Gewinde M 42 × 1. In den Rand des Flansches wurde ein kurzer Stift von 7 mm Durchmesser eingesetzt, der in eine bereits werksmäßig vorhandene Aussparung an der Ringschwalbenfassung des Coudé paßt und das Einsetzen des Flansches in reproduzierbarer Stellung garantiert.

2. Zwischenstück, ca. 30 mm lang, mit Innen- und Außen gewinde M 42 × 1. Darin stecken in diametraler

Anordnung zwei Grammophonnadeln an exponierter Stelle, die als Orientierungsmarken dienen (s. u.)

3. Orthoskopisches Okular $f = 40$ mm, von dem die Augenmuskel abgeschrägt wurde.

4. Adapter (Eigenbau). Er wird in das O-Ocular eingeschraubt und hat auf der Gegenseite eine Ringschwalbenfassung nach Exakta-Norm zur Aufnahme der

5. Mond- und Planetenkamera (Kassettenformat 6,5 × 9). Der Kameraverschluß reicht von 1 s bis 1/125 s. Das Bildformat der Kamera (Fabrikat Zeiß, Typ unbekannt) ist ca. 50 mm groß und wird durch das 42 mm große Sonnenbild gut ausgenutzt.

Die Fokussierung der Sonne (alle Aufnahmen werden in der Regel mit Objektivfilter gemacht) erfolgt grob auf der Mattscheibe. Eine Feinfokussierung um den ungefahrenen Fokus (Skale mit Nonius am Rohrauszug benutzen!) geschieht durch Sternspuraufnahmen. Als Emulsion eignet sich ORWO NP 15 Planfilm, der sowohl ein kontrastreiches Ausmessen als auch qualitativ gute Vergrößerungen auf Papier zuläßt. Entwicklung der Aufnahmen in R 09, 1 + 20, fünf Minuten/20 °C.

Die Belichtungszeit beträgt im Sommer 1/125, im Winter 1/10 s, bei starkem Dunst (wobei die Luftruhe meist sehr klein ist) auch 1/2 s. Es werden, Sonnenschein vorausgesetzt, täglich zwei Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtungszeit gemacht. Die photographische Anordnung entspricht einer Äquivalentbrennweite von ca. 4 m, das Öffnungsverhältnis etwa 1 : 27.

Bei visueller Betrachtung liegen Brennpunkt und Blende im Okular in einer Ebene. Bei Okularprojektion befindet sich der Objektivfokus im unter (2.) beschriebenen Zwischenstück. Die an dieser Stelle befindlichen Nadeln werden also auf der Filmebene scharf abgebildet.

Wie im mathematischen Teil erläutert wird, ist die genaue Kenntnis der Ost-West-Richtung auf dem Negativ erforderlich, um später das Sonnenbild richtig zu orientieren. Ein Sonnenphoto ohne Angabe der Himmelsrichtung ist völlig wertlos. Die Nadelpitzen, welche in das Sonnenbild hineinreichen sollen, sind Marken, deren gedachte Verbindungsline einen unveränderlichen Winkel α zur Ost-West-Richtung einnimmt.

Bestimmung des Winkels α

Es werden mit der beschriebenen Kameraanordnung Sternspuraufnahmen äquatornaher, heller Sterne gemacht. Nach Schließen des Kameraverschlusses wird die Kamera vorsichtig demontiert, mit dem Flansch gegen eine diffuse Lichtquelle gehalten (durch Glühlampen von hinten beleuchtete Opal- oder Milchglasscheibe) und mit kurzer Belichtungszeit (erproben!) eine Zweitbelichtung des Negativs durchgeführt. Erst dann wird die Kassette geschlossen. Ein Verrutschen der Kassette in der Führung, der Planfilmhalterung in der Kassette und des Plan-

* Abb. 1—4 s. Bild-S. II und III

films in der Planfilmhalterung muß vermieden werden.

Wie noch erläutert wird, ist die Bildlage beim Coudé infolge der Planspiegelreflexion deklinationsabhängig. Wegen der Aufstellungsfehler eines jeden Gerätes und des Umstandes, daß das eingestellte Objekt (Sonne, Stern) sich nicht genau in der Bildfeldmitte befindet bzw. durch diese läuft, ist in jedem Falle die Deklination am Teilkreis exakt abzulesen. Benutzt man die erwähnte photographische Anordnung an einem parallaktisch aufgestellten Refraktor, entfällt das Ablesen der Deklination, α ist dann ein deklinationsunabhängiger Winkel.

Auf dem entwickelten Negativ müssen die Marken (Nadelspitzen) gut erkennbar sein, andererseits muß sich die Sternspur noch klar von der Hintergrundschwärzung abheben. Die Sternspur soll über das gesamte Bildfeld gehen (Belichtungszeit von ca. drei Minuten).

Zur Meßtechnik

Für das exakte Vermessen der Negative benutzten wir das Zeiss-Koordinatenmeßgerät Komet der Sektion Geodäsie/Astrometrie der TU Dresden (Abb. 2). Jetzt steht uns ein eigenes Gerät zur Verfügung. Das Negativ wird, mit der Schichtseite nach oben, zwischen zwei Glassplatten geklemmt, so auf den beweglichen Meßrahmen gelegt, daß die Westspitze (beide Marken sind durch ihre Form gut zu unterscheiden) links, die Ostspitze rechts zu liegen kommt. Norden ist dann oben, Süden unten. Durch den binokularen Einblick wird das Negativ mit 18facher Vergrößerung betrachtet. Die Bildmitte, d. h. der Meßpunkt ist nicht durch ein Fadenkreuz, sondern durch zwei ineinanderliegende Quadrate markiert. In diese wird das zu messende Detail (Sonnenrand oder Einzelfleck) geschoben. Eine Umschaltung zeigt im Okular dann die x - und y -Koordinaten. Obwohl das Gerät eine Meßunsicherheit von 0,0002 mm hat, ist es wegen des Flächencharakters des Objektes (bei Einzelflecken) oder gewissen Unschärfen am Sonnenrand (durch gekippte Lage der Planfilmhalterung in der Kassette) unmöglich, diese Genauigkeit voll auszuschöpfen. Die Flecken am Sonnenrand erscheinen außerdem verzerrt, wodurch die Fleckmitte sehr unsicher zu bestimmen ist. Vermessen werden 12 Sonnenbildrandpunkte (diese Koordinaten werden sofort im programmierbaren Taschenrechner HP 65 verarbeitet), die beiden Spitzen sowie ausgewählte Sonnenflecken. Jene Koordinaten werden notiert, um eventuelle Meßfehler später erkennen zu können. Die Auswahl der zur Vermessung kommenden Flecke erfolgt so, daß dabei Aufnahmen von vorhergehenden bzw. nachfolgenden Tagen betrachtet werden. Einzelflecke werden

generell vermessen, bei Fleckengruppen der p - und f -Fleck sowie eventuell auftretende markante Flecke.

Während des Meßvorganges werden Meßpunkte auf einem ca. 14 cm großen Papierbild gekennzeichnet. Die Bearbeitung eines Negativs am Komet erfordert einen Zeitaufwand von 30 bis 60 Minuten, wobei allerdings ein Teil des Rechenaufwandes schon inbegriffen ist.

Bestimmung der Sonnenkoordinaten

Die Sonnenaufnahme (Abb. 3) soll zur Koordinatenbestimmung der Sonnenflecken verwendet werden. Zu diesem Zweck wurden die rechtwinkligen Koordinaten mit einem Koordinatenmeßgerät ausgemessen und in ein vorbereitetes Formblatt eingetragen. Zur Auswertung der Aufnahmen sind drei Schritte notwendig:

- Bestimmung von Sonnenmittelpunkt und Sonnenradius,
- Orientierung der Aufnahme zur Rotationsachse der Sonne,
- Berechnung der Fleckkoordinaten.

Bestimmung von Sonnenmittelpunkt und Sonnenradius

Zur Bestimmung der geometrischen Sonnendaten gehen wir von der Sonnenscheibe als Kreis aus. Untersuchungen des Sonnenrandes auf eine vom Kreis abweichende Form lieferten keine signifikanten Unterschiede.

Da der Sonnenrand auf den Aufnahmen nicht völlig scharf erscheint, sind die Meßpunkte auf dem Sonnenrand mit einem größeren Fehler behaftet als die Koordinaten der Sonnenflecken. Die geometrischen Sonnendaten der Aufnahme werden aus 12 Meßpunkten ermittelt, die gleichmäßig über die Peripherie der Sonnenscheibe verteilt sind.

Die Kreisgleichung

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2 \quad (1)$$

ist durch eine Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen. Die Gleichung wird umgeformt in eine Gleichung 2. Grades.

$$x^2 + y^2 - 2y y_0 + x_0^2 + y_0^2 - R^2 = 0 \quad (2)$$

Ordnen wir die Größen und fassen zusammen, so ergibt sich als Regressionsgleichung

$$Ax + By + C = x^2 + y^2 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{wobei } A &= 2x_0 & B &= 2y_0 \\ C &= R^2 - x_0^2 - y_0^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Ist aus den mit Hilfe der Ausgleichsrechnung bestimmten Werten A , B und C lassen sich die gesuchten Größen Sonnenmittelpunkt (x_0 , y_0) und Sonnenradius R bestimmen.

$$x_0 = \frac{A}{2}$$

$$R = \sqrt{\frac{C}{B} + x_0^2 + y_0^2} \quad (5)$$

$$y_0 = \frac{B}{2}$$

Zur Berechnung von A , B und C nach dem Ausgleichsverfahren (kleinsten Quadrate) ist das Normalgleichungssystem zu berechnen, wobei (x_i, y_i) die gemessenen Randkoordinaten sind.

$$\begin{aligned} C \cdot N + A \cdot \Sigma x_i + B \cdot \Sigma y_i &= \Sigma x_i^2 + y_i^2 \\ C \cdot \Sigma x_i + A \cdot \Sigma x_i^2 + B \cdot \Sigma x_i y_i &= \Sigma (x_i^2 + y_i^2) x_i \\ C \cdot \Sigma y_i + A \cdot \Sigma x_i y_i + B \cdot \Sigma y_i^2 &= \Sigma (x_i^2 + y_i^2) y_i \end{aligned} \quad (6)$$

Dabei sind die Summen $i = 1, \dots, n$ in einer Tabelle zu berechnen, in das Gleichungssystem einzusetzen und durch eines der üblichen Verfahren zur Lösung von drei Gleichungen mit drei Unbekannten zu lösen. Die berechneten Werte für A , B und C werden in die Gleichungen (5) eingesetzt und so die gesuchten Werte x_0 , y_0 und R bestimmt.

Orientierung auf der Sonnenscheibe

Zur Orientierung auf der Sonnenscheibe wurden die zwei Nadelspitzen mitphotographiert und sind auf jedem Negativ vorhanden. Zur Unterscheidung der Ost- von der West-Nadel sind in der Form unterschiedliche Grammophonnadeln gewählt worden. Der Winkel der Verbindungsline der Nadeln gegen die vom Meßgerät festgelegte x -Achse sei φ .

Durch Sternspuraufnahmen mit der Kamera läßt sich der Winkel der Verbindungsline der Nadelspitzen gegen die O-W-Richtung bestimmen. Dieser Winkel ist konstant und wird χ genannt.

Aus einem astronomischen Jahrbuch wird der Winkel P , die Schiefe des Sonnenrotationsachsese gegen die N-S-Richtung entnommen. Für den verwendeten Coudé-Refraktor ergibt sich eine Besonderheit. Durch zweimalige Spiegelung des Sekstrahles im Fernrohr dreht sich das Gesichtsfeld mit der Deklinationseinstellung des Fernrohrs. Dieser Winkel sei δ . Für andere Fernrohrtypen ist dieser Winkel gleich Null. Durch die vielen zu beachtenden Winkelbeziehungen ist es ratsam, die Koordinatenberechnung mit Polarkoordinaten durchzuführen. So ergibt sich der Korrekturwert K der Sonnenrotationsachsese gegen die y -Achse des Meßgerätes zu

$$K = \varphi + P - (\chi + \delta). \quad (7)$$

Berechnung der Fleckenkoordinaten

Die Fleckenkoordinaten werden mit dem Koordinatenmeßgerät als rechtwinklige Koordinaten gemessen und auf den Sonnenmittelpunkt bezogen.

$$\tilde{x} = x - x_0 \quad \tilde{y} = y - y_0 \quad (8)$$

Diese Koordinaten werden in Polarkoordinaten umgerechnet.

$$\varrho = \arcsin \frac{\sqrt{\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2}}{R} - \frac{\sqrt{\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2}}{R} R_0 \quad (9)$$

$$\alpha = \arctan \frac{\tilde{x}}{\tilde{y}} \quad (10)$$

wobei

$$p = \alpha + K \quad (11)$$

ist. Mit den aus dem astronomischen Jahrbuch entnommenen Werten für

R_0 – Sonnendurchmesser in Grad

L_0 – Länge } des Sonnenmittelpunktes
 B_0 – Breite } ergeben sich aus den berechneten Polarkoordinaten (ϱ, ϱ) die Sonnenfleckenkoordinaten zu

$$\begin{aligned} \sin b &= \cos \varrho \cdot \sin B_0 + \\ &\quad \sin \varrho \cdot \cos B_0 \cdot \cos p \end{aligned} \quad (12)$$

und

$$\sin \lambda = \sin p \cdot \varrho / \cos b \quad (13)$$

$$l = L_0 - \lambda \quad (14)$$

Numerisches Beispiel

Als numerisches Beispiel dient uns eine Aufnahme vom 1. 6. 1979, 14.32 Uhr MEZ (Abb. 3). Aus dem astronomischen Jahrbuch entnehmen wir interpoliert auf den Beobachtungspunkt die Werte (Fehler geschätzt)

$$\begin{aligned} R_0 &= 0^\circ 26315 \pm 0,00001 & P &= -15^\circ 47 \pm 0,05 \\ L_0 &= 243^\circ 63 \pm 0,05 & \delta &= 22^\circ 02 \pm 0,05 \\ B_0 &= -0^\circ 03 \pm 0,05 \end{aligned}$$

Der Wert χ wurde durch Ausmessen mehrerer Sternspurauflnahmen zu $\chi = -24,21 \pm 0,06$ bestimmt.

Die gemessenen Kreiskoordinaten des Sonnenrandes sind:

x_1	y_1	x_1	y_1
54,4250	49,8582	44,0700	89,5555
55,1740	92,0900	68,5937	86,8571
33,6374	72,7218	65,5641	52,8412
75,1126	65,3208	47,1945	51,2303
75,5511	74,0497	36,2689	60,6914
34,3738	65,1882	72,5204	59,5518

Daraus ergeben sich die Summen:

$$\begin{aligned} N &= 12 \\ \Sigma x_1 &= 663,0855 \quad \Sigma x_1 y_1 &= 45388,22552 \\ \Sigma y_1 &= 820,5560 \quad \Sigma (x_1^2 + y_1^2) &= 98024,97006 \\ \Sigma x_1^2 &= 39470,27324 \quad \Sigma (x_1^2 + y_1^2) x_1 &= 5732927,296 \\ \Sigma y_1^2 &= 58554,69682 \quad \Sigma (x_1^2 + y_1^2) y_1 &= 7055098,820 \end{aligned}$$

Aus den Summenwerten leitet sich das Normalgleichungssystem (6) herzu

$$\begin{aligned} 12 & C + 663,0855 B + 820,5560 A = \\ & \quad 98024,97006 \\ 663,0855 C + 39470,27324 B + 45388,22552 A &= \\ & \quad 5732927,296 \\ 820,5560 C + 45388,22552 B + 58554,69682 A &= \\ & \quad 7055098,820 \end{aligned}$$

Die Lösung dieses Gleichungssystems liefert die Werte

$$\begin{aligned} A &= 141,9334 \pm 0,0188 \\ B &= 109,4412 \pm 0,0299 \\ C &= -7584,0150 \pm 0,8128 \end{aligned}$$

Damit berechnen sich die Werte des Sonnenmittelpunktes und des Sonnenrandes aus den Gleichungen (5) zu

$$\begin{aligned}x_0 &= 54,7206 \pm 0,0094 & y_0 &= 70,9667 \pm 0,0149 \\R &= 21,1329 \pm 0,0936 \\x &= 64,1345 \pm 0,0002 & y &= 62,5026 \pm 0,0002 \\&\text{und damit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x &= 9,4139 \pm 0,0096 & \hat{y} &= -8,4641 \pm 0,0151 \\&\text{Die Werte für } \varrho, \alpha, p \text{ berechnen sich nach den Formeln} \\(9), (10) \text{ und } (11) \text{ und wir erhalten} \\&\varrho = 36,5436 \pm 0,0039 & \alpha = -48^\circ,0411 \pm 0,0014 \\&p = -64^\circ,4801 \pm 0,1614 \\&\text{Danit ergeben sich für die Koordinaten nach Formel (12)} \\&b = 14^\circ,37 \pm 0,09 \\&\text{und nach Formel (13) und (14)} \\&l = 209^\circ,85 \pm 0,06\end{aligned}$$

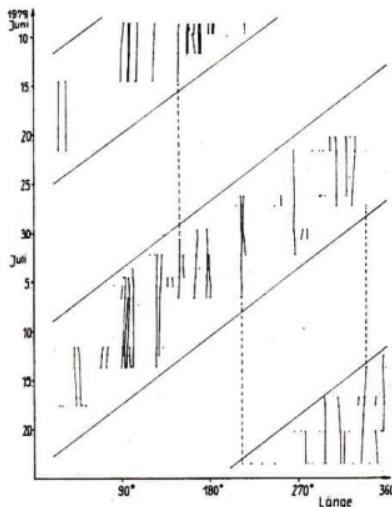
Das Beispiel zeigt, daß der wahrscheinliche Fehler in der gewünschten Größenordnung von $\pm 0,1$ gehalten werden kann. Um die Reproduzierbarkeit der Messungen zu prüfen, wurden drei Aufnahmen der Sonne hintereinander gemacht, wobei die Kamera jedes Mal neu angesetzt wurde. Die Aufnahmen wurden ausgemessen und die Fleckenkoordinaten berechnet. Aus den sieben verwendeten Fleckenpositionen ergeben sich durchschnittliche Abweichungen von

Länge: $0^\circ,05$ (min. $0^\circ,01$; max. $0^\circ,11$)

Breite: $0^\circ,04$ (min. $0^\circ,02$; max. $0^\circ,06$)

Diese Beispiele zeigen, daß die Meßanordnung in der Lage ist, die geforderte Genauigkeit einzuhalten. Die durchgeführten Berechnungen zeigen, daß mit der Auswertung einer Aufnahme ein großer rechnerischer Aufwand verbunden ist. Ein wissenschaftlicher Taschenrechner ist für die Bearbeitung der Messungen unerlässlich. An der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“ werden für die Auswertung des Sonnenprogramms pro-

Abb. 5: Graphische Darstellung der Längenkoordinaten von Sonnenflecken über zwei Rotationen.



grammierbare Taschenrechner eingesetzt, um die notwendige Arbeitszeit in vertretbaren Grenzen zu halten. Zur Zeit liegen Programme der beschriebenen Berechnung der Sonnenfleckenkoordinaten für drei Rechentypen vor (Abb. 4).

Die Auswertung

Zur problemlosen Auswertung der Aufnahmen wird von jedem Negativ eine Vergrößerung mit dem Sonnendurchmesser von 14 cm hergestellt und die Bezeichnung der Flecken und Gruppen eingetragen. Die Bilder werden als Orientierungshilfe beim Ausmessen der Sonnenflecken genutzt. Neben dem dokumentarischen Wert sind schnelle Vergleiche mit anderen Beobachtern möglich. Auch die Flecken- und Gruppenentwicklung läßt sich so bequem verfolgen.

Wie in der Arbeitsgruppe „Sonne“ üblich, werden die einzelnen Fleckenkoordinaten nach Sonnenrotationen zusammengestellt und durch Mittelung eine mittlere Position errechnet. Diese Positionen werden in ein Gradnetz von Länge und Breite gezeichnet und ergeben die Fleckenverteilung der entsprechenden Sonnenrotation.

Die ebenfalls von der Arbeitsgruppe berechnete Streuung ist nach Meinung der Autoren ein zu großer Aufwand. Einfacher ist ein von Sonnenbeobachtern der BRD übernommenes Prinzip, die Fleckenlängen gegen die Zeit ihrer Beobachtung aufzutragen (Abb. 5). Aus diesem Diagramm läßt sich die Bewegung der Flecken und Gruppen leicht erkennen. Je nach der Breite der Flecken wird die Kurve entsprechend der differentiellen Rotation der Sonne mehr oder weniger geneigt sein.

Ohne Eigenbewegung der Flecke müßte die Kurve eine Gerade sein. Befreit man die Meßwerte von der entsprechenden differentiellen Rotation der Sonne, erhält man die Eigenbewegung der Sonnenflecken. Allerdings wird man nur bei langlebigen Flecken eine Eigenbewegung feststellen können, da die unvermeidlichen Meßfehler und die nur ungenau bekannte differentielle Rotation große Unsicherheitsfaktoren darstellen.

Der p - und f -Fleck einer Gruppe müßte sich ohne Eigenbewegung auf zwei parallelen Geraden bewegen. Eine Abweichung davon weist auf eine relative Drift von p - und f -Fleck hin und läßt sich leicht vermessen.

Literatur: [1] Fritz, U., Treutner, H., Vogt, O.: Positionsbestimmung von Sonnenflecken. ORION 33 (1975). Nr. 147, S. 38—42.

Verkaufe Telemotor 2 (63/840 mm) mit Zubehör für 1200 M. Das Gerät ist 3/4 Jahre alt. — René Neumann, 3090 Magdeburg, Willi-Bredel-Str. 25.

BEOBACHTUNGSHINWEISE



Feuerkugeln des Jahres 1980

Der vorliegende Bericht ist eine Gemeinschaftsarbeits der Zentralstelle für Feuerkugelbeobachtungen. Die Autoren danken allen Sternfreunden für ihre Mitarbeit am Programm Himmelsüberwachung. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Zdenek Cepiceka, Leiter des Europäischen Himmelsüberwachungsnetzes an der Sternwarte Ondrejov, ČSSR.

Im Berichtszeitraum konnten von Sternfreunden der DDR 60 Feuerkugeln beobachtet werden. Das ist, verglichen mit den Ergebnissen der Nachbarländer, wiederum ein beachtliches Ergebnis. Auch 1980 gab es eine Anzahl Parallelbeobachtungen. Bei zwei Erscheinungen liegen sehr viele Beobachtungen vor, so daß eine Bahncalculierung möglich ist. 1980 wurde in Mitteleuropa kein vermutlicher Meteoritenfall bekannt. Es wurden zwar wieder einige Feuerkugeln fotografiert, aber besonders helle Objekte blieben aus. Das Jahr 1979 war in dieser Hinsicht wesentlich ergiebiger. Das 1980 hellste fotografierte Objekt war mit —12^m ein Angehöriger des Leonidenstroms, der von sechs tschechischen Stationen fotografiert werden konnte. Bei dem mit —18^m hellsten Objekt überhaupt handelte es sich um eine Tagesfeuerkugel, die am 10. September über der Schweiz beobachtet werden konnte.

Die Beobachtung von Feuerkugeln

In den sechs Jahren der Arbeit der Zentralstelle haben sich einige Schwerpunkte bei der Beobachtung und Auswertung von Feuerkugeln ergeben, die hier dargelegt werden sollen.

Das Hauptinteresse bei der Beobachtung von Feuerkugeln muß auf das möglichst genaue Bestimmen der Zeit des Aufleuchtens und der Flugbahn gelegt werden. Man sollte sich also die Flugbahn an Hand von Vergleichsobjekten wie Sternen, Mond, Planeten oder auch markanten Baumgruppen, Häusern oder ähnlichem gut einprägen. Unmittelbar darauf ist der erste Blick zur Uhr. Die Zeit wird so genau wie möglich angegeben (möglichst auch Sekunden). Ebenfalls wird die mögliche Abweichung notiert, die aus Ganggenauigkeiten der Uhr resultiert. Danach wird die Flugbahn notiert. Das kann im Horizont- oder im Äquatorsystem erfolgen. Jeder Beobachter wird das System wählen, in dem er die Flugbahn am besten definieren kann. Erfolgt die Angabe im Horizontsystem, sollte mitgeteilt werden, ob das Azimut von Norden oder von Süden aus gezählt wurde. Bei der Beschreibung der Bahn ist nicht unbedingt die

Angabe von Anfangs- und Endpunkt notwendig. Vielmehr sollten zwei Punkte, die exakt bestimmt sind, angegeben werden. Ist nur ein Punkt genau bestimmt, dann genügt auch dieser, in günstigen Fällen können es auch drei Bahnpunkte sein. Dann erst werden weitere Angaben über die Feuerkugel notiert; die scheinbare Helligkeit, Flugdauer, Bahnlänge, Farbe und Aussehen von Kopf und Schweif sowie Besonderheiten (Nachleuchten, Explosionen, Schall). Zu einer Meldung gehört unbedingt Name und Anschrift des Beobachters und genaue Angaben über den Ort der Beobachtung (möglichst mit Koordinatenangabe). Auch Angaben über Bevölkerung und Durchsicht können nützlich sein. Die fertige Beobachtungsmeldung wird dann, möglichst umgehend, zur Auswertung an die Zentralstelle für Feuerkugelbeobachtungen geschickt. Von dort sind auch vorgedruckte Meldeformulare erhältlich. Das Verzeichnis der Feuerkugeln des Jahres 1980 wird auf Wunsch durch den Berichterstatter zugeschickt.

KARSTEN KIRSCH

Halobeobachtungen 1979 und 1980

Seit über zwei Jahren ist die Sektion „Halobeobachtungen“ der AGr. Meteore tätig. Der Sektion gingen Beobachtungsberichte von 30 Beobachtern zu. Von 6 Beobachtern wurden die Angaben aus der Literatur entnommen.

Im Jahre 1979 wurden von der Sektion 193 Halotage registriert. An diesen Halotagen traten 604 Einzelformen auf. Durch die immer bessere Übung der Beobachter (u. a. wurden jetzt auch schwächere Halos gesichtet) konnten 1980 an 222 Tagen 1128 Einzelformen registriert werden. Das entspricht in den zwei Jahren 4,17 Haloformen pro Halotag. An folgenden Tagen waren Halophänomene, d. h. 5 und mehr Haloformen zugleich, sichtbar (in Klammern Anzahl der Haloformen und Beobachter):

1979: 21. 2. (8; Knöfel), 28. 9. (5; Hinze), 3. 10. (6; Knöfel), 27. 12. (5; Eichhorn)

1980: 13. 1. (5; Knöfel), 18. 3. (6; Knöfel), 9. 5. (6; Eichhorn, 8; Rendtel), 15. 6. (6; Rendtel, 5; Töpfer), 4. 7. (5; Stemmier), 26. 8. (5; Knöfel/Rendtel), 27. 8. (6; Eichhorn), 19. 9. (5; Klatte), 4. 10. (6; Stemmier)

An den Beobachtungen beteiligten sich D. Hinze, Berlin; G. Stemmier, Oelsnitz/Erzg.; D. Klatte, Görlitz; H. Bretschneider, Schneeberg/Erzg.; I. Eichhorn, Güstrow; A. Knöfel, Potsdam; K. Guhl, Berlin; M. Dohrmann, Berlin; L. Bendrat, Berlin; J. Rendtel, Potsdam; G. Krüger, Berlin; E. Rothenberg, Berlin; H. Liedke, Berlin; H. Scholze, Dresden; H. Lorenz, Berlin; M.

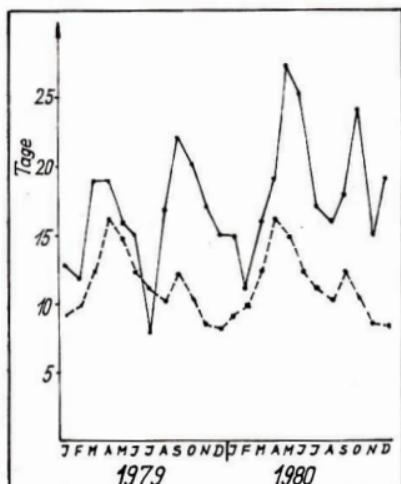


Abb. 1: Monatliche Anzahl der Halotage.

— Beobachtete Anzahl der Halotage
- - - Mittel aus drei Beobachtungsreihen
(Berlin 1957—62, Schwerin 1949—63, Moskau
1917—43 und 1948—57).

Tabelle 1

Haloart	Anzahl
1. 22°-Halo oder kleiner Ring	896
2. Nebensonnen zum 22°-Halo	382
3. Lichtsäule	235
4. umschriebener Halo	116
5. Zirkumzenitalbogen	37
6. 46°-Halo oder großer Ring	26
7. Horizontalkreis	17
8. Bogen von Lowitz	7
9. Nebensonnen zum 46°-Halo	4
10. 120°-Nebensonnen	3
11. Intermediär-Halos [1]	3
12. Nebensonnen zum 90°-Halo	2
13. unsymmetrische Halos	2
14. seitlicher Berührungsbogen zum 46°-Halo	1
15. Lichtsäule der Nebensonne	1

Schmögner, Medzev/ČSSR; T. Töpfer, Potsdam; A. Kaatz, Potsdam; A. Gaebler, Wunderlich; Maschke; Karl-Marx-Stadt; F. Bogott, Kleinmachnow; T. Meinhardt, Leipzig. Der Literatur wurden Beobachtungsberichte von P. Reinhard, Wien; K. Zimmermann, Welkendorf; R. Conrad, Wien; S. Höflinger, Amstetten (alle Österreich); J. Dolanec, Ljubljana/Jugoslawien und W. Malek, Mannheim/BRD entnommen ([2] und [3]).

Die Halotage sind nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt, sondern besitzen einen Jahresgang. Im Durchschnitt tritt ein Maximum im Frühjahr auf (April). Ein zweites ist im Herbst zu beobachten (September). Ein Minimum ist im Sommer (August) und eins im Winter (Dezember) feststellbar. In den beiden Beobachtungs-

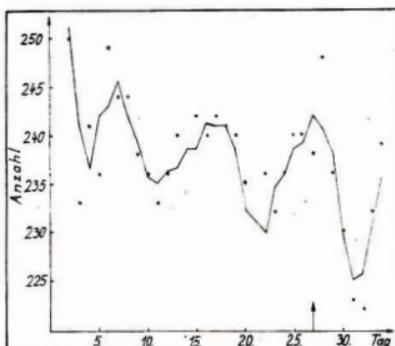


Abb. 2: Periodizitätsdiagramm, abgeleitet aus den Beobachtungen von 1979 und 1980. Die Kurve verbindet die durch Triadenbildung ausgeglachten Werte.

jahren traten die Maxima und Minima wie folgt ein (in Klammern Anzahl der Halotage):

	1979	1980
Frühjahrmaximum	April/Mai (19)	Mai (27)
Sommerminimum	Juli (8)	August (16)
Herbstmaximum	September (22)	Oktober (24)
Winterminimum	Februar (11)	Januar (13)

Die verschiedenen Haloformen sind an bestimmte Eiskristallformen gebunden. Diese müssen wiederum bestimmte Lagen im Raum einnehmen, um ein Halo zu erzeugen. Halos mit gleicher Form oder Lage der Einkristalle treten häufig gemeinsam auf. Bei einer statistischen Bearbeitung des gegenseitigen Auftretens von Halos können Hinweise auf die Erklärungsmöglichkeiten der Haloformen gewonnen werden. Die Tab. 2 zeigt eine solche Zusammenstellung (Bedeutung der Ziffern siehe Tab. 1). Z. B. ist ersichtlich, daß Nebensonnen und der Bogen von Lowitz eng zusammengehören. In 6 von 7 Fällen trat der relativ seltene Bogen von Lowitz zusammen mit Nebensonnen auf. Das geschieht durch flache hexagonale Eisplättchen, deren Hauptachsen senkrecht stehen bzw. im Falle des Bogens von Lowitz um die senkrechte Lage pendeln.

Für den überwiegenden Teil der Halos gibt es Erklärungen für ihr Entstehen. Doch in neuerer Zeit wurden aufgrund statistischer Untersuchungen der Häufigkeit der Haloformen einige neue Auffassungen zur Entstehung von verschiedenen Halos veröffentlicht. Tab. 1 gibt eine statistische Zusammenstellung der Häufigkeit der Haloerscheinungen, die von den Beobachtern 1979 und 1980 registriert wurden.

Tabelle 2
Gegenseitiges Auftreten der Haloarten

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	—	194	65	94	32	19	18	5	4	2	3	2	1	1	1
2	—	39	50	28	16	12	6	3	2	2	2	2	1	1	1
3	—	20	8	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	—	14	13	9	1	3	2	3	2	0	1	0	—	—	—
5	—	8	4	2	1	1	2	1	2	0	0	0	—	—	—
6	—	3	2	1	1	0	0	2	1	0	—	—	—	—	—
7	—	0	3	2	1	2	0	1	0	—	—	—	—	—	—
8	—	0	0	0	0	2	0	0	—	—	—	—	—	—	—
9	—	2	0	0	0	1	0	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	1	0	0	1	0	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Periodizität des Auftretens von Halos ist eine noch umstrittene Angelegenheit. Bereits 1933 machte Günther Archenhold auf eine 27tägige Periode der Halohäufigkeit aufmerksam [4]. 1938 versuchte er eine Erklärung dafür zu finden und machte die Aktivität der Sonne dafür verantwortlich [5]. Mit Hilfe eines Periodizitätsdiagrammes, das sich auch bei der Untersuchung der Periodizität von magnetischen Störungen bewährt hat, ist es möglich, mit dem Beobachtungsmaterial der Sektion ebenfalls die von Archenhold beschriebene 27tägige Periode der Halohäufigkeit zu finden (Abb. 2). Jeder Halotag wird als Ausgangspunkt gewählt. Danach wird ausgezählt, wie oft der erste, zweite, dritte usw. auf einen Halotag folgende Tag ein Halotag war. In unserem Fall sind Spitzen um den 7. Folgetag, 16. Folgetag und 27. Folgetag feststellbar. Damit ist die 27tägige Periode auch im Berichtszeitraum aufgetreten. Zum Abschluß soll allen Beobachtern für Ihre Mitarbeit gedankt werden. Zwei Jahre nach Gründung der Sektion Halobeobachtungen können sich ihre Ergebnisse mit denen anderer Halo-Beobachternetze messen. Es wäre wünschenswert, wenn sich weitere Sternfreunde dazu bereiterklären würden, ganzjährig Halos zu beobachten und die Ergebnisse an die Leistelle der AGR Meteor, Astronomisches Zentrum „Bruno H. Bürgel“, 1500 Potsdam, Neuer Garten 6, zu senden.

Literatur: [1] Lenggenhager, K.: Zur Vereinheitlichung der Haloformen nach Scheiner, Gresham und Parry, Zeitschrift für Meteorologie (ZfM) Bd. 24 (1974), Heft 3–8. – [2] Die Sternrundschau, 11. und 12. Jahrgang 1979/1980. – [3] Sterne und Weltall, 1979 und 1980. – [4] Archenhold, G.: Eine 27tägige Periode der Halohäufigkeit, Gerl. Beitr. Geophys. Bd. 39 (1933) 141–143. – [5] Archenhold, G.: Untersuchungen über den Zusammenhang der Haloscheinungen mit der Sonnentätigkeit, Gerl. Beitr. Geophys. Bd. 53 (1938) 395–475.

Text: ANDRE KNÖFEL

Abb.: INA EICHHORN

Die Beobachtung der Kometen (IV)

Spektroskopische Beobachtungen

Bei aller Vielfalt der Formen, in denen die Kometen zu beobachten sind, bestehen sie aus drei charakteristischen Komponenten: einem sternartigen Kern, einer ihn umgebenden Hülle, der Koma – sie gab diesen Gebilden den Namen – und dem Schweif. Kern und Koma bilden den Kopf, wobei jedoch der weitaus überwiegende Teil der Helligkeit von der Koma herrührt. Der Schweif wird nur in der Sonnen Nähe sichtbar als ein von der Sonne abgewandtes strich- bis fächerförmiges Gebilde unterschiedlicher Winkelausdehnung. Gelegentlich wird auch ein zur Sonne gerichteter Gegenschweif erkennbar. Wie bei der Untersuchung anderer Himmelskörper liefert die Spektroskopie den tiefsten Einblick in die Beschaffenheit der verschiedenen Komponenten. Während der Kern das kontinuierliche Spektrum mit den Fraunhoferlinien des reflektierten Sonnenlichtes zeigt – ein Hinweis darauf, daß er aus festen Partikeln besteht – zeigen Koma und Schweif das Emissionsspektrum leuchtender Gase.

Das allgemein angenommene, von Whipple aufgestellte Modell beschreibt einen Kometen als Wolke meteoritischer Körper, die in gefrorene Gase eingebettet sind. Bei Annäherung an die Sonne „tauen“ diese auf und strömen unter dem Einfluß von Repulsivkräften in Gasform vom Kern ab, wobei feste Partikel mitgerissen werden. Infolge seiner geringen Masse kann ein Kometenkern seine Gashülle nicht an sich binden.

Durch die Einwirkung der kurzweligen und damit energiereichen Sonnenstrahlung werden die abgedampften Moleküle zersetzt und dabei zum Leuchten angeregt. Daher zeigen Koma und Schweif Emissionsspektren unterschiedlicher Art, die sowohl auf die Sonneneinwirkung als auch auf innere Prozesse in der Koma hinweisen. Es ist für den Amateur nun interessant zu wissen, daß sich solche Spektren schon mit einer einfachen Objektivprismenkamera gewinnen lassen. Voraussetzung dafür ist wiederum eine kurze Brennweite und eine möglichst große Zerstreuung durch das Objektivprisma, damit die monochromatischen Koma- bzw. Schweibilder eine ausreichende Trennung besitzen. Um zu brauchbaren Reichweiten zu kommen, sollte das Objektiv genügend Öffnung besitzen, also eine hohe Lichtstärke haben. Dies wiederum erfordert einen möglichst dunklen Himmel. Man darf an dieser Stelle erinnern, daß im

Emissionsspektrum der vorliegenden Objekte sich fast die gesamte Helligkeit in wenigen Hauptlinien konzentriert und daher die Reichweite sehr viel größer ist als bei der Aufnahme kontinuierlicher Sternspektren.

Beschränkt man sich auf die Koma, bietet die Anordnung der Kamera wenig Schwierigkeiten. Man hat sie lediglich um den Ablenkinkel des Prismas gegenüber dem Leitrohr zu neigen; mit Hilfe des Mondes oder einer entfernten Lampe läßt sich das leicht ausrichten. Schwieriger ist es bei der spektrographischen Aufnahme des Schweifes. Es kommt dann die Forderung hinzu, die Dispersionsrichtung wenigstens annähernd senkrecht zur Schweißrichtung zu stellen.

Geeignete Kameras sind von der gleichen Art, wie sie schon für allgemeine Kometenaufnahmen in den vorausgehenden Heften beschrieben wurden. Gute Ergebnisse werden mit Brennweiten von 10 bis 20 cm bei Verwendung von 60°-Flintglasprismen erzielt. Wegen ihres höheren Dispersionsvermögens ist es besser, Gitter zu verwenden; ihre Beschaffung ist jedoch nicht ganz problemlos. Wenn sie hier dennoch erwähnt werden, dann deshalb, weil mit einiger Mühe Reflexionsgitter erhältlich sind, die als Unterrichtsmittel bei SKUS angeboten werden und die sich hervorragend für diese Zwecke eignen.

Ein so gewonnenes Spektrum zeigt z. B. die Koma vor allem in folgenden Linien:

Wellenlänge (nm)	Herkunft	Wellenlänge (nm)	Herkunft
388,1	CN	516,5	C ₂
437,7		565,3	

Diesen monochromatischen Bildern überlagert sich das Kontinuum, das vom Reflexionsleuchten der mitgerissenen Staubteilchen stammt. Die relative Linienintensität wie auch das photometrische Verhältnis von Gas- zu Staubkomponente ist bei den verschiedenen Objekten sehr unterschiedlich. Deshalb stellen bereits solche Aufnahmen, insbesondere wenn sie in längeren Reihen vorliegen, sehr begehrtes Beobachtungsmaterial dar, da z. B. die Wechselwirkung zwischen Linienintensität und Erzeugungsmechanismus noch nicht hinreichend bekannt ist.

Etwas schwieriger gestaltet sich, wegen der geringen Intensitäten, in der Praxis die Aufnahme von Schweifspektren. Es wird bei uns leider nur wenige Stellen geben, an denen der Himmel so dunkel ist, um sie auf die Platte zu bannen. Im folgenden Artikel wird jedoch dieses Problem noch einmal aufgegriffen.

ERICH BARTL

Merkursichtbarkeit im November

In den Morgenstunden des 6. Nov. 1981 geht Merkur in nur wenig mehr als 1° Abstand nördlich an Jupiter vorbei. Er wird gegen 6^h leicht in der Nachbarschaft des nur wenig über 0m5 helleren Jupiter zu finden sein. Beobachtungen, schon wenige Tage vor sowie einige Tage nach dieser Begegnung, werden für den Interessierten lohnend sein.

WOLFGANG BÜTTNER

Einige Befrachtungen zu Zodiakallicht-Beobachtungen

Das klare Wetter des Abends am 24. Januar 1981 nutzte ich zu einem „Spaziergang“ am Himmelsgewölbe. Dabei fiel mir besonders das in diesem Jahr zum ersten Male beobachtete Tierkreislicht auf, weshalb ich die weitere Beobachtung von 18.50 bis 19.05 Uhr MEZ diesem Licht widmete. Der Lichtkegel reichte vom Westhorizont bis dicht an die Plejaden heran. Er nahm sich besonders gut neben dem Milchstraßenband aus und war bis hinauf an die Spitze voll mit Streulicht ausgefüllt. Die Intensität des Lichtkegels glich der des Milchstraßenbandes, worauf wohl auf eine ziemliche Partikeldichte im interplanetaren Raum von der Sonne bis über unsere Erde hinaus zu schließen wäre. Die Breite des Lichtkegels am westlichen Horizont betrug etwa 30° und der Kegel begann sich erst oberhalb des Widderzuspitzen. Am 27. 1. 1981 wurde bei schwacher Bewölkung, zwischen 18.15 und 18.35 Uhr MEZ die Beobachtung wiederholt. Die beschriebenen Effekte, besonders die Intensität, waren auch diesmal dieselben.

Diese Beobachtungen regen zu einem Vergleich mit meinen Beobachtungen aus den Jahren 1974 bis 1976 an, die stets im Februar bis Anfang März durchgeführt wurden. Auch damals waren die Lichtkegel von gleicher Intensität und Fülle, doch das Zodiakallicht im Februar 1975 übertraf an Intensität alle der übrigen Jahre. Dies war aber die Zeit der Kometen Kohoutek und später West. Das deutet darauf hin, daß die Lichtkegel des Tierkreislichtes dann besonders ausgeprägt sind, wenn sich viel kometarisches Material in der Nähe der Sonne befindet. In diesem Jahre dürfte wohl ein Zusammenhang mit dem nahenden „Encke“ bestehen. Es sei noch hinzugefügt, daß das Frühjahrs-Zodiakallicht in den Jahren 1977 bis 1980 kaum bemerkenswert war.

M. SCHMÖGNER

Jupiter und Saturn im kleinen Fernrohr

Die folgenden Beobachtungen stammen aus dem Jahre 1973 und der Verfasser hat sich entschlossen sie zu veröffentlichen, um zu zeigen, daß selbst in sehr kleinen Instrumenten mit einem unvergüteten Objektiv noch große Strukturen auf der Jupiteroberfläche bzw. dem Saturnring zu erkennen sind. Verwendet wurde ein selbstgebautes Fernrohr, das aus einer Papphülse bestand. Das Okular entstammt einem Schülermikroskop und als Objektiv verwendete der Verfasser wechselweise ein 50 mm Objektiv (vergütet) und ein unvergütetes 50 mm Objektiv. Der Jupiter hatte zur Beobachtungszeit einen scheinbaren Durchmesser von etwa 40'', während der Saturn knapp 20'' scheinbaren Durchmesser zeigte.

Bei Verwendung des vergüteten 50 mm Objektives und einer Vergrößerung von ca. 40 mal, waren deutlich die beiden Äquatorstreifen des Jupiters zu sehen. Selbst wenn das Objektiv bis auf 25 mm abgeblendet wurde, waren die beiden Streifen noch als ein Streifen in der Äquatorzone zu erkennen. Der Kontrast war gering, aber sehr deutlich zu erkennen. Der Saturn zeigte sich mit seinem Ring ebenfalls sehr deutlich. Natürlich waren hier keine Oberflächen- oder Ringstrukturen zu erkennen. Ein Fernrohr mit dem unvergüteten Objektiv von 50 mm und etwa 55-facher Vergrößerung zeigte bei stabiler Aufstellung einen Äquatorstreifen des Jupiters deutlich.

Auch der Saturnring ist ohne Schwierigkeiten zu sehen gewesen. Selbst wenn das Objektiv bis auf 20 mm abgeblendet wurde, ist der Ring noch zu erkennen gewesen, ja sogar bei einer Ausblendung bis auf 10 mm. Hier ist jedoch nicht mehr eindeutig zu unterscheiden zwischen optischer Täuschung und realem Bild.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß nach meinen Erfahrungen selbst mit einfachen Mitteln große Strukturen auf dem Jupiter und die Saturnringe (als ein Ring) gesehen werden können. Voraussetzungen dafür sind:

- Gute Beobachtungsbedingungen (klare Luft, keine störenden Lichtquellen)
- Eine möglichst erschütterungsfreie Aufstellung des Fernrohrs
- Bei Verwendung von mit Fehlern behafteter Optik: vorheriges Testen an flächenhaften und punktförmigen Objekten (Mond, Sterne), um den Einfluß der optischen Fehler richtig einschätzen zu können.
- Bei Saturnbeobachtungen sollte der Ring möglichst weit geöffnet sein.

MANFRED SCHRÖTTER

KURZBERICHTE

Amateurastronomischer Jahresprix des Kulturbundes

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie des Kulturbundes der DDR hat auf seiner Tagung am 27. 6. 1981 in Eilenburg beschlossen, *jährlich einen Preis für besonders gute astronomische Amateuraufgaben auf den Gebieten der astronomischen Beobachtung und des Instrumenten-*
selbstbaues zu vergeben.

Vorgesehen sind Sach- oder Geldpreise; die Arbeiten können durch die Leiter der thematischen Arbeitsgruppen, die Fachgruppenleiter oder die einzelnen Amateurastronomen selbst eingereicht werden. Auch die Redaktion der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ ist vorschlagsberechtigt.

Die erste Verleihung dieses Jahrprixes soll aus Anlaß des 25. Jahrestages des Starts des ersten künstlichen Erdsatelliten Sputnik I am 4.10. 1982 stattfinden. Die Preiszuverleihung erfolgt durch eine vom ZFA Astronomie berufene Jury unter Ausschluß des Rechtsweges in der Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, 9630 Crimmitschau. An diese Stelle sind die Arbeiten bis zum 30. 4. 1982 einzureichen.

KULTURBUND DER DDR
ZENTRALER FACHAUSSCHUSS ASTRO-
NOMIE

Dr. Klaus Lindner, Vorsitzender

Vorläufige Sonnenfleckenzahlen Mai/Juni 1981

Tag	Mai	Juni	Tag	Mai	Juni
1	112	62	16	127	109
2	133	59	17	124	119
3	156	44	18	119	104
4	152	62	19	100	85
5	162	55	20	77	71
6	178	57	21	99	87
7	171	61	22	106	106
8	177	52	23	93	119
9	158	58	24	96	109
10	148	55	25	93	127
11	169	66	26	105	127
12	183	79	27	79	133
13	149	86	28	93	112
14	140	99	29	92	138
15	141	104	30	83	148
			31	92	
				Mittel	126,0
					89,8

A. KOECKELENBERGH

Neues Planetariumsgerät für Potsdam

In Anwesenheit der Oberbürgermeisterin und Staatsratsmitglied des DDR, Frau Brunhilde Hanke sowie Vertreter der Volksbildung und Kultur wurde am 31. Mai 1981 das neue Zeiss-Kleinplanetarium ZKP 2 im Astronomischen Zentrum „Bruno H. Bürgel“ Potsdam in Betrieb genommen. Es ist das vierte ZKP 2 der DDR und löst das bisherige Gerät ab, das der Stadt Neuruppin überreignet wird.

Nach dem Festvortrag von A. Zenkert über den Bildungs- und Erziehungswert des Planetariums wurden Proben der vielfältigen und neuen Darstellungsmöglichkeiten dargeboten. Die Neuentwicklung des VEB Carl Zeiss Jena stellt ein Spitzenerzeugnis im Bau von Kleinplanetarien dar und übertrifft den ersten Typ. Die Steuerung erfolgt jetzt von einem Schaltplatz aus, das mit einer teil- oder vollautomatischen Karten-Programmsteuereinrichtung versehen ist. Das ZKP 2, dessen Aufbau im wesentlichen dem Großplanetarium gleicht, ermöglicht auch die Demonstration des Sternenhimmels von der Südhalbkugel der Erde aus, sowie die Darstellung der Eigenbewegung von Sonne, Mond und Planeten in bezug auf die Sterne von 1951 bis 2030.

Mit dem Einbau des neuen Gerätes waren auch einige technische Verbesserungen in der Bild- und Tontechnik sowie der Programmgestaltung verbunden.

ARNOLD ZENKERT

Ausstellung „Astronomie und Raumfahrt“ in Quedlinburg

Anlässlich des 20. Jahrestages des ersten bemannten Weltraumfluges veranstaltete die Arbeitsgemeinschaft „Astronomie und Raumfahrt“ in Quedlinburg ihre erste Ausstellung. Dazu öffnete das altermühltische Haus des Kulturbundes vom 27.–29. 3. 1981 seine Pforten.

In der Galerie konnten die 756 Besucher 17 Originalgemälde der sowjetischen Maler Sokolow und Leonow betrachten, welche der Magnet der Ausstellung waren. Im Ausstellungsräum vermittelten verschiedene Amateurastronomen über ihre Veränderlichen-, Planeten- und Sonnenbeobachtungen. Weitere Exponate waren astronomische Beobachtungsinstrumente, zahlreiche Anschauungsmodelle aus Schulen (z.B. ein Demonstrationsobjekt für Mondphasen), Sternkarten, astronomische Meßgeräte und Globen. Besonders Interesse fanden Astroaufnahmen von Amateuren, selbstgebaute Modelle von Wostok, Saturn V und Space Shuttle sowie die Meteoritenansammlungen von K. Kirsch und A. Hunstock. Einen kleinen Einblick in die umfangreiche Literatur gaben ausgestellte Bücher und Zeitschriften.

Neben der Ausstellungsbesichtigung hatten unsere Gäste die Möglichkeit, verschiedene populärwissenschaftliche Dia-Vorträge und Filme zu besuchen, u.a. standen die Vorträge „Astronomie in der Steinzeit“ und „Ergebnisse der Voyager-Missionen“ sowie der Film „Händedruck im Kosmos“ über das Sojus-Apollo-Projekt auf dem Programm.

Nicht nur die Quedlinburger interessierten sich für unsere Ausstellung, auch Besucher aus Leipzig, Magdeburg, Burg, Dessau, Jena, Aschersleben und Halberstadt kamen. Besonders herzlich begrüßten wir den Genossen Chaldejew, stellvertretender Vorsitzender der Zentralen Revisionskommission der KPdSU, der sich von unserer Aktivität beeindruckt zeigte. Auch der Präsident der Gesellschaft für Weltraumforschung und Raumfahrt der DDR, Prof. Dr. sc. nat. Hans-Joachim Fischer und Dr.-Ing. Ralf Joachim, stellvertretender Direktor des Instituts für Elektronik der Akademie der Wissenschaften der DDR besuchten die Ausstellung und sagten uns für die weitere Arbeit Ihre Unterstützung zu.

Auf Anregung von Karl-Heinz Mau (Wegeleben) ver-

wendeten wir nicht gewöhnliche Eintrittskarten, sondern Astrofotos in vier verschiedenen Sorten, die auf der Rückseite mit einer Kulturbund-Spendenmarke versehen waren.

Die Arbeitsgemeinschaft stellte fest, daß sich der Arbeitsaufwand gelohnt hat, da wir unser Ziel – hohe Öffentlichkeitswirksamkeit – erreicht haben.

Den Kulturhäusern der Mansfelder Bergarbeiter Eisleben und dem Ministerium für Wissenschaft und Technik, Objekt Wuhleide, Berlin, sowie dem Kreissekretär des Kulturbundes Quedlinburg sei für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung gedankt.

Bereits heute können wir alle Freunde zur 2. Ausstellung nach Quedlinburg einladen, die aus Anlaß des 25. Jahrestages von Sputnik 1 vom 5.–7. 11. 1982 stattfinden soll.

MICHAEL GORGES

Referentenberatungen der Urania in Berlin und Halle

Zur Freude aller Interessenten wurden von der Zentralen Sektion Astroforschungen beim Präsidium der Urania diesmal zwei Referentenberatungen zum Thema „Sternentstehung“ am 9. 5. 81 in der Archenholdsternwarte Berlin und am 16. 5. 81 im Raumflugplanetarium Halle durchgeführt. Die Teilnehmerzahl, ca. 100 in Berlin, ca. 90 in Halle, zeigte, wie berechtigt die getroffene Entscheidung war.

Prof. Dr. K.-H. Schmidt, Jena, erläuterte die Probleme der Sternentstehung in drei Fragenkomplexen: Wann sind die Sterne entstanden? – Wo sind sie entstanden? – Auf welche Art und Weise sind die Sterne entstanden? – Sterne entstehen seit etwa 10^{10} Jahren, sie entstehen auch heute noch. Wir kennen aber auch ältere Sterne. Der Referent stellte in einem durch Wort und Bild anschaulichen Vortrag bisherige Ergebnisse und offene Fragen der Forschung dar, wobei er auch die gegensätzlichen Richtungen des Herangehens an kosmogonische und an kosmologische Fragen nicht ausklammerte.

Dr. F. Gehlhar, Berlin, befahl sich in seinem Vortrag mit Zusammenhängen zwischen Philosophie und Naturwissenschaften. Er zeigte die einzelnen Schritte des Erkenntnisweges auf und führte an, daß ein Überspringen einzelner Stufen zu einem Kurzschluß führen kann. Es wurden die drei Funktionen beschrieben, die die Philosophie zu erfüllen hat. Die Richtlinien des Vortrags bestand in der Schlussfolgerung eines Zitates von Ambazumjan: „Das Urteil muß aus der Analyse des Objekts abgeleitet werden“. Erst nach der Untersuchung von Fakten, nach dem Erkennen einzelner Prozesse, die aus Beobachtungsfakten stammen, kann man zu einer Theorie übergehen. – Leider war für diesen interessanten Vortrag nicht mehr Zeit geplant worden.

In Halle der Vortrag „Physikalische Prozesse der Sternentstehung“ (Verhinderung des Referenten) aus, folgte Dr. Gürtler, Jena, mit dem speziellen Thema „Interstellare Moleküllwolken als Orte der Sternentstehung“. Er erläuterte die Eigenschaften der Moleküllwolken (ca. 50 Moleküle sind bisher bekannt), die Entstehung von Moleküllwolken und die Entwicklung solcher Wolken zu Sternassoziationen. Das Ergebnis der Forschungen zeigte, daß die Ränder solcher Wolken der bevorzugte Ort der Moleküllentstehung sind. – Dias veranschaulichten auch diese Ausführungen. Eine Podiumsdiskussion, bei der Fragen zu den Themen des Tages beantwortet und Vorschläge für neue Themen vorgebracht wurden, beschloß die Veranstaltungen, für deren Gelingen allen Referenten und Veranstaltern gedankt sei.

KÄTE TZSCHACHMANN

50 Jahre Sternwarte Eilenburg

Am 26. und 27. 6. 1981 feierte die Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ in Eilenburg ein Jubiläum, das erst wenige unserer populären astronomischen Einrichtungen begehen konnten. Mitarbeiter und Gäste, darunter der Zentrale Fachausschuß Astronomie, gedachten der Gründung der Eilenburger Sternwarte vor 50 Jahren.

In besonderem Maße sind während des zurückliegenden halben Jahrhunderts Impulse für die amateurastronomische Arbeit von Eilenburg ausgegangen. Das ist vor allem daran begründet, daß der Initiator und langjährige Leiter der Sternwarte, Edgar Otto sen., selbst mit ganzer Hingabe Amateurastronom war. Seine private Gründung, die „Urania-Sternwarte“, stand Interessenten aus allen Schichten der Bevölkerung, vor allem aber jungen Amateurastronomen offen; ungezählte Gespräche und Briefe an Ratschende bezeugen die Förderung, die Sternfreunde jederzeit in Eilenburg erfahren konnten und erfahren.

Im 30. Jahre ihres Bestehens, 1961, wurde die „Urania-Sternwarte“ Schulsternwarte des Kreises Eilenburg. Die bis dahin private, nebenberuflich betriebene Tätigkeit wurde Hauptaufgabe auf volksbildendem (Unterricht, Jugendstunden, Öffentlichkeitsarbeit) wie auf wissenschaftlichem Gebiet (Sonnebeobachtung, Satellitenbahnvermessung, Beobachtung von Sternbedeckungen). Drei Jahre später konnte die Einrichtung in den neuerrichteten Gebäudekomplex am Mansberg übersiedeln, in dem sie als „Schul- und Volksternwarte „Juri Gagarin““ seither im In- und Ausland bekannt geworden ist. Inzwischen ist die Zahl der Mitarbeiter auf 7 angewachsen, Oberstudienrat Edgar Otto jun. hat in der Nachfolge seines Vaters die Leitung übernommen. Die Sternwarte zählt heute zu den leistungsfähigsten populären astronomischen Einrichtungen unseres Landes (s. Bild oben!). Die Festveranstaltung am 26. 6. 1981, an der auch ausländische Gäste teilnahmen, machte die hohe Wertschätzung deutlich, der sich die Sternwarte in der Stadt und im Kreis Eilenburg sowie bei den Sternfreunden in der ganzen DDR erfreut. Grüße und Glückwünsche, Geschenke und immer wieder Blumen bekundeten Dank und Anerkennung für die bisherige Arbeit des „Familienbetriebs Otto“, wie einer der Gäste scherhaft-zutreffend formulierte. Im Anschluß an die Veranstaltung ehrten die Mitarbeiter der Sternwarte und der Zentrale Fachausschuß Astronomie den Gründer der Sternwarte und ehemaligen Vorsitzenden des ZFA, Edgar Otto sen., indem sie an seiner Grabstätte ein Blumengebinde niedergelegt.

Am Abend des 26. 6. vereinte ein festlicher Empfang durch den Rat des Kreises Eilenburg noch einmal Mitarbeiter und Gäste der Sternwarte, und am 27. 6. nahm die Öffentlichkeit in vielfältigen Führungs- und Demonstrationsveranstaltungen wieder Besitz von ihrer Sternwarte.

KLAUS LINDNER

Dörfel-Ehrung in Plauen

Anlässlich der 300. Wiederkehr der Entdeckung Dörfels, daß sich Kometen in Parabolbahnen um die Sonne bewegen, wurde in Plauen (Vogtland) eine Dörfel-Ehrung gestaltet.

Magister Georg Samuel Dörfel (1643—1688), Geistlicher und Amateurastronom in Plauen, ab 1684 Superintendent in Weida, gelangte in Auswertung seiner umfangreichen Beobachtungsreihe des Kometen von 1680/81, unabhängig und ohne Kenntnis der gleichen Entdeckung durch den Italiener Borelli, zu dem bedeutenden Ergebnis. Vor 300 Jahren war es kühn, dem Kometenaberglauben entgegenzutreten und dem heliozentrischen Weltbild des Copernicus zum Durchbruch zu verhelfen. Wenige Jahre

nach seinem Tode wurde durch Newton und Halley mathematisch bestätigt, daß Dörfel aus seinen wissenschaftlichen Beobachtungen die richtigen Schlüssefolgerungen gezogen hatte.

Die Vorbereitungen zur Dörfel-Ehrung wurden vom Kulturbund in Plauen in Zusammenarbeit mit Mitgliedern der Arbeitsgruppe Kometen im Juli 1980 eingeleitet und im Dezember 1980 abgeschlossen. Die Ehrung wurde einerseits in Form einer Schaufenstergestaltung in „Bueh und Kunst“ in der Bahnhofstraße vom 15. 12. 1980 bis 17. 1. 1981 durchgeführt. In ansprechender Form wurden wertvolle Fotokopien mit dem Bildnis Dörfels, dem Flugblatt „Mond-Wundr“, den Wohnhäusern in Plauen und Weida, sowie den berühmten Zeichnungen des Kometenbahnen Dörfels und Textseiten, einschließlich des Titelblattes seiner Schrift „Astro-nomische Betrachtung des großen Kometen...“, gezeigt, die die Stadtarchiv zur Verfügung stellte. Ebenso wurden eine perspektivische Darstellung der Kometenbahn im inneren Teil des Sonnensystems mit entsprechender Erststellung, eine farbige Aquarellzeichnung, die den Kometen von 1680 über Plauen zeigt, und Texte, die alles Wesentliche über die Zeit, das Leben und die Leistungen Dörfels enthielten, exponiert. Aus dem Angebot der Bücherei an astronomischer und wissenschaftlicher Literatur wurden 9 Exemplare ausgewählt, die das Ganze abrundeten und einen Bezug zur Gegenwart herstellten.

Als zweiter Teil der Dörfel-Ehrung wurde am 13. 1. 81 ein Gesprächsabend im Klub der Intelligenz mit dem Titel „Auf den Spuren G. S. Dörfels“ veranstaltet. Dazu konnte der Leiter der ehemaligen Fachgruppe „Astronomie“ in Plauen, Bfr. Günter Schmidt, als Referent gewonnen werden. Die Ankündigung des Klubgesprächs erfolgte in sehr nüchternster Form im Veranstaltungskalender für Januar 1981. Ein Interview mit G. Schmidt (auf der Lokalseite der „Freien Presse“ veröffentlicht, das auch einen Hinweis auf die Schaufenstergestaltung enthielt), weckte Interesse.

Der Vortrag informierte über wesentliche Daten aus dem Leben Dörfels, besonders in Verbindung mit der Zeit und der Stadt Plauen vor 300 Jahren. Anschließend entspannen sich lebhafte Gespräche, an denen nicht nur Jugendliche mit großem Interesse teilhatten. Etliche Fotos von Kometen, sowie die Reproduktion eines Kometenflugblattes von 1680 und die Chronik „West 1975 n“ lieferten genügend Gesprächsstoff über die Zusammenhänge mit kosmischen Objekten und ihren Erscheinungen bis hin zur Raumfahrtforschung.

Die Teilnehmer verließen mit Stolz auf „ihren Dörfel“, ihre Stadt Plauen und Interesse an der Astronomie den Klub der Intelligenz. Es kann festgestellt werden, daß die Dörfel-Ehrung in Plauen ein Erfolg war und das astronomische Interesse, besonders bei den Jugendlichen, noch stärker angeregt hat.

E. PFITZNER

Verkaufe umständlicher sehr gut erhaltene I b-Montierung mit Säulenstativ für 1400,00 M. Detlef Herbert, 3301 Brumby, Neugattersleber Str. 5.

Ältere Ausgaben von Ahnerts Sternkalender zur Vervollständigung Ihrer Astrobibliothek unter Angabe des Jahrgangs gegen Unkostenbeitrag (Porto, Verpackung) abzugeben durch Volkssternwarte „Adolf Diesterweg“, 8122 Radebeul 2. Auf den Ebenbergen (Vorrat begrenzt).

Verkaufe photogr. Sternatlas von Vehrenberg „Falkauer Atlas“, neu (220,00 M). Jürgen Haase, 5060 Erfurt, Nettelbeckufer 11.

AUS d. LITERATUR



„Meteoritenernte“ in der Antarktis

Eine japanische Geologen-Expedition hat in der Antarktis einen wunderbaren astronomischen Fund gemacht. Die Geologen haben bei dieser Expedition an die 3000 Meteorite gesammelt. Dieser Fund übertrifft zahlenmäßig alle bisher auf der ganzen Erde gefundenen Meteorite. Die Mehrzahl der 3000 Stück wurden in den Janato-Bergen, etwa 300 Kilometer südwestlich der japanischen Antarktisstation Sowa, gefunden. Ein beträchtlicher Teil waren kohlenstoffhaltige Meteorite. In sterilisierte Stahlbehälter verpackt, wurde der Fund nach Japan zur Analyse gebracht. Die Wissenschaftler erhofften sich daraus weitere wichtige Aufschlüsse über die Entstehung des Lebens. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, daß in zwei früher in der Antarktis gefundenen Meteoriten organische Verbindungen, abiotische Aminosäuren außerirdischen Ursprungs, identifiziert wurden.

Literatur: Snanje - Sila 10/80, S. 15

Bildsensor mit 640000 Bildpunkten

Kameras in Satellitenteleskopen erfordern Bildabtastung mit höchster Auflösung. Für diesen Einsatz Zweck hat Texas Instruments (USA) ein CCD-Bildsensor-Element mit 800×800 Bildpunkten entwickelt, bei dem die Empfindlichkeit im UV-Bereich gegenüber herkömmlichen Ausführungen wesentlich gesteigert wurde. Bei bisherigen lichtempfindlichen Silizium-Sensoren reichte die spektrale Empfindlichkeit von 400...1100 nm. Auf der Rückseite des neuen Chips befindet sich eine Schicht aus einem speziellen organischen Phosphor, genannt „Coronene“, der die UV-Strahlung absorbiert und im sichtbaren Bereich wieder abstrahlt. Mit diesem „Kunstgriff“ können Wellenlängen bis zu 50 nm herab erfaßt werden. Das entstehende elektrische Signal wird bereits auf dem Chip vorverstärkt. Zur Reduzierung des thermischen Rauschens wurde die Betriebstemperatur auf -100°C gelegt. Nun sollen CCD-Bildsensoren mit 1000×1000 Bildpunkten entwickelt werden.

Literatur: Elektronik 29 (1980) 16, S. 11

Planetensonden in Ballonform

Im Juni 1980 wurde in Dagnense (Frankreich) das Werk Brochier Espace eingeweiht. Hier sollen vor allem Planetensonden in Ballonform hergestellt werden. Es ist vorgesehen, daß von sowjetischen Venussonden französische Ballons in der Atmosphäre der Venus abgesetzt werden. Der Ballon wird mit Helium aufgeblasen und driftet (in einer Höhe von 54 km) in der Atmosphäre. Der Durchmesser des Ballons (unser Bild zeigt einen derartigen



Ballon beim Test soll 9 m betragen und seine wissenschaftliche Nutzmasse 250 kg ausmachen. Die Ballonhülle muß bis 100°C hitzebeständig und unempfindlich gegen die korrosionsaggressive Venusatmosphäre (Schwefelsäuretröpfchen) sein. Die Ballonhülle soll 3 bis 12 Mikron dick sein, aus einzelnen Kunststoffschichten bestehen und spiegelnde Oberfläche haben.

Literatur: Interavia 9/180, S. S. 86.

Viking 2-Lander außer Betrieb

Nach dreieinhalbjährigem Einsatz zur Bild- und Datenübertragung hat der Lander Viking 2 im Frühjahr 1980 seine Tätigkeit eingestellt. Der Grund ist Spannungsfall der Batterie des Landers, die durch zwei Radioisotop-Thermonukleidgeneratoren aufgeladen wurde. Am 6. 3. 1980 hatte das Landegerät eine routinemäßige Datenübertragung an Viking-Orbiter 2 vorgenommen. Dieser übertrug die Daten am 20. 3. zur Erde. Es stellte sich heraus, daß nur Betriebsangaben über die Sonde selbst übermittelt worden waren. Der Computer des Landers hatte die wissenschaftlichen Instrumente und das Tonbandgerät kurz vor Ende der vorangegangenen Übertragungsperiode abgeschaltet, weil die Spannung der Batterien unterhalb des kritischen Wertes abgesunken war. Zur Vorbereitung der nächsten Datenübertragung am 9. April wurden auf Funkkommunikation die wissenschaftlichen Instrumente und das Tonbandgerät eingeschaltet. Der Bordcomputer schaltete sie aber nach zehnhalb Minuten wieder ab. Das zeigte, daß die Batterien nicht mehr ladefähig waren. Über 1800 Bilder sandte Viking 2-Lander zur Erde. Der Viking 1-Lander wird weiterhin Oberflächenbilder und meteorologische Meßwerte liefern. Man hofft ihn noch bis 1990 in Betrieb zu halten. Am 7. August 1980 war der Viking 1-Orbiter ausgeschaltet worden, da der Preßgasvorrat des Lagestabilisierungssystems ausgefallen war. Viking 2-Orbiter war bereits am 24. 7. 1978 ausgeschaltet worden.

Literatur: Luft- und Raumfahrt, Jahrgang 1, Heft 3. – Neue Zürcher Zeitung vom 6. 4. 1980

Autotelefonie via Satellit?

In einer japanischen Studie werden Möglichkeiten untersucht, den Autotelefonverkehr des Landes künftig via Satellit abzuwickeln. Eine Variante schlägt einen 900 kg schweren Satelliten vor, der mit einer 8,70 m großen Antenne im 8-GHz-Bereich 20 Zonen, die sich über das gesamte Inselreich erstrecken, erfaßt. Verfügt der Satellit über 1100 W Sendeleistung und einen Solargenerator für 4 kW, so könnten 400 000 Autotelefone angeschlossen werden. Eine zweite Variante sieht ein Satellitensystem als Ergänzung eines terrestrischen Systems vor, das die Ballungsgebiete erfaßt. Um die außerhalb gelegenen Regionen zu erreichen, genügt ein Satellit von 800 kg mit einer 14,50-m-Antenne im 900-MHz-Bereich. Die erforderliche Sendeleistung läge bei 712 W, die Leistung des Solargenerators bei einem kW. Angeschlossen werden könnten 50 000 Autotelefone. Die Realisierung beider Varianten erfordert noch die Lösung einer Reihe technischer Probleme, so die Entwicklung geeigneter Autoanlagen, Vermittlungssysteme und Satellitenantennen.

Literatur: NTZ, 34 (1981) 3, S. 178

Supergroße Gasblase entdeckt

Eine zwei Millionen Grad heiße Gasblase wurde in rund 6000 Lichtjahren Entfernung im Sternbild Schwert entdeckt. Im Röntgenlicht gleicht das Aussehen der Blase einer gigantischen Muschel oder einem glühenden Ring von 1300 Lj Durchmesser. Sie enthält genug Material

für 10000 neue Sterne. Die Energieabstrahlung, vorwiegend im Röntgenbereich, ist 30mal größer als bei einer Supernova. Nicht weit entfernt von der Blase befindet sich eine kalte Gaswolke, die sich vom Südwesten her bis zum Stern Deneb erstreckt und als dunkles Band die Milchstraße halbiert. Aus ihrer Masse könnten fünf Millionen Sterne entstehen. Es wird vermutet, daß diese Wolke einen entscheidenden Anteil an der Bildung der Blase gehabt hat, in deren Nähe eine Supernova explodierte. Die freiwerdende Energie dieser Explosion komprimierte die Wolke an einer Seite der Blase, wodurch es nach Ansicht der Entdecker W. Cash und P. Charles (beide USA) zur Bildung von etwa 10000 neuen Sternen kam. Im Laufe der folgenden Millionen Jahre explodierten etwa zehn weitere Sterne in diesem Gebiet. Die damit verbundene neue Kompression der Wolken führte wieder zur Neubildung von Sternen, von denen anschließend wieder ein Teil explodierte; das wird sich in Zukunft fortsetzen. Dieser Kettenprozeß der Sternbildung stellt möglicherweise einen Hauptfaktor bei der Evolution des Universums dar.

Literatur: Umschau 80 (1980) 17, S. 541

Juno ist keine Kugel

In der Nacht vom 10. zum 11. Dezember 1970 wurde Juno von einem Stern 9. Größe (SAO 115946) in Canis Minor bedeckt. Um Größe und Form von Kleinstplaneten zu bestimmen und unter Berücksichtigung der absoluten Helligkeit auf die Albedo und auf mögliche Oberflächenmaterialien zu schließen, sind Sternbedeckungen auch heute noch hinsichtlich ihrer Fehler (rund ein Prozent) allen anderen Methoden überlegen. Ausgewählt wurden auf der Bedeckungslinie sechs Beobachtungspunkte in Kalifornien und Arizona. Die Ausrüstung bestand überwiegend aus 35-cm-Spiegelteleskopen mit Photometern. Die Genauigkeit der Zeiterfassung lag bei 5 ms. Um etwaige Satelliten von Juno zu finden, die zufällig in der gleichen Bedeckungslinie lagen, wurde von allen Beobachtungspunkten 30 min vor bis 30 min nach der Bedeckung beobachtet, allerdings ohne Erfolg. Als Mittelwerte wurden für zwei Achsen 293 und 252 km gefunden. Juno ist also mit Sicherheit keine Kugel.

Literatur: Sky and Telescope 59 (1980) 4, S. 276ff

Ein ungelöstes Problem

Neutronensterne sind nach den heutigen Vorstellungen ein Endstadium in der Sternentwicklung und entstehen durch das Zusammenstürzen des ausgebrannten Sterninneren, dessen Strahlungsdruck das Eigengewicht der Gasmassen nicht mehr ausgleichen kann. Die dabei freiwerdende Kontraktionsenergie wird nach außen als Supernovaeexplosion sichtbar. Schrumpft ein Stern von Sonnenmasse auf einen Durchmesser von 20 Kilometer dann erreichen die Dichtewerte $10^{14} \dots 18 \text{ g/cm}^3$. Im um, gekehrten Maße wie die Oberflächen verändern sich die Magnetfelder, so daß auf Neutronensternen Felder in der Größenordnung 10^{12} Gauß zu erwarten sind und auch gemessen wurden. Sie haben zur Folge, daß auf Neutronensternen eine völlig andere Physik gilt. Bei der Beschreibung dieser Magnetfelder geht man vom Dipolfeld aus, der einfachsten Feldstruktur einer magnetisierten Kugel, wobei dessen Achse mit der Rotationsachse des Sterns zusammenfällt (paralleler Rotator) oder auch nicht (schiefer Rotator). Der letztere strahlt mit der Frequenz der Rotation magnetische Dipolstrahlung ab, wobei in dieser niederfrequenten elektromagnetischen Welle rund 10¹² mal mehr Energie steckt, als unsere Sonne im gesamten Spektrum abstrahlt. Diese Energie stammt aus der Rotationsenergie des Pulsars, der dadurch allmählich langsamer wird. Diese Frequenzänderung kann man sehr gut messen, beim Krebsnebel beträgt sie etwa 10^{-5}

pro Jahr. Diese starke Wellenstrahlung kann auch geladene Teilchen auf sehr hohe Energien beschleunigen (Wellenreitern) und ist offenbar die Ursache dafür, daß der Krebsnebel leuchtet. Der parallele Rotator dagegen sendet keine solche Wellen aus. Ungeklärt sind vor allem folgende Probleme: Wie entsteht die gepulste Strahlung, die aus einem engen Bereich in der Nähe der Sternoberfläche kommen muß? Auch der Mechanismus der Teilchenbeschleunigung ist noch unklar. Offenbar sind Neutronensterne von einer Magnetosphäre umgeben, die sich aus elektromagnetischen Feldern und geladenen Teilchen zusammensetzt. Derzeit versucht wird, plausible Ansätze über die Zustandsgrößen (Dichte, Temperatur, Teilchenart, Druck, Leitfähigkeit, Plasmaschwingungen, Schockwellen) dieser Magnetosphäre zu machen, um im weiteren Feld der Magnetohydrodynamik weitere Kenntnisse über den Pulsarmechanismus zu gewinnen.

Literatur: SuW, 11 (1979) 10 S. 348

Hin und Her um Barnard's Stern

Barnard's Stern ist ein roter Zwerg im Schlangenträger, nur sechs Lichtjahre von der Sonne entfernt. Von allen bekannten Sternen hat er mit $10,3''$ pro Jahr die größte Eigenbewegung. In den letzten Jahren wurde er besonders populär durch die Annahme, zwei planetarische Begleiter zu besitzen (van der Kamp, 1963). Diese Interpretation der Vermessungsergebnisse von 3036 Platten des Sprout-Observatoriums wurde 1973 von G. Gatewood und H. Eichhorn aufgrund der Vermessung von 241 Platten, die mit langbrennweiten Refrakten der Allegheny- und Van-Vleck-Observatorien erhalten worden waren, angefochten. Ungeachtet dessen hält van der Kamp, gestützt auf neuere Sproul-Beobachtungen, an der Zwei-Begleiter-Interpretation fest. Langjährige Mittelwerte für Parallaxe, Eigenbewegung und Beschleunigung liefern gut begründete Hinweise auf eine kurze Periode von 11,7 Jahren und für eine zweite von 20 Jahren und mehr. Diese Bahnen liegen fast in einer Ebene und besitzen mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent den gleichen Umdrehungssinn. Die beobachteten Bahnradien betragen $0,0085 \pm 0,0009$ für die 1147-Periode und $0,0062 \pm 0,0011$ für die 20th-Periode. Bei einer Parallaxe von $0,545$ führen diese Werte auf Bahnradien von 2,7 AE und 3,8 AE und 0,8 bzw. 0,4 Jupiterabmasse wenn man die Sternmasse mit 0,14 Sonnenmassen annimmt.

Literatur: Sky and Telescope 57 (1979) 3 S. 247

REZENSIONEN

Astronautik

Es handelt sich hier um ein Buch, welches als Lehrbuch für Arbeitsgemeinschaften der Klassen 9 und 10 verwendet werden soll. Da insgesamt vier Autoren die 6 Kapitel geschrieben haben, die (wie es scheint) alle Lehrer sind, gibt es Unterschiede im Stil, der Art der Verarbeitung des Stoffes, der mathematischen Durchdringung und der Auswahl der behandelten Themen. So erscheint das Kapitel über Satellitenbeobachtung doch etwas sehr speziell angelegt. Aus eigenen Erfahrungen mit Arbeitsgemeinschaften in vergangenen Jahren konnte ich feststellen, daß Arbeitsgemeinschaftsmitglieder der genannten Altersgruppe wenig Interesse an mathematischen Berechnungen, geschweige denn an sphärischer Geometrie haben. Ähnliches gilt für das

Kapitel „Grundlagen der Himmelsmechanik“.

Etwas, was AG-Mitglieder besonders interessiert. Angaben über Ergebnisse und Nutzen der Raumfahrt, fehlt fast vollständig. Vielleicht ließe sich ein derartiges Kapitel in einer künftigen Auflage einfügen.

Zu loben sind die Abbildungen, die durchweg von guter Qualität sind (abgesehen von der durch die Papierqualität bedingten schlechten Qualität der Autotypien). Die Karikatur S. 31 hätte man sich sparen können. Unvollständig sind die „Beispiele der Nutzung von Raketen-technik und Raumfahrt“ auf Seite 26.

KARL HEINZ NEUMANN

H. P. Bannow, Günter Meyer, Heinz Maß und Peter Schmidt: Astronautik. 3. Auflage, Verlag Volk und Wissen, Volksgener Verlag Berlin 1980, 144 Seiten, 140 Abb. EVP 3,15 M.

Aktuelle Karte

„20 Jahre bemannter Raumflug“

Auf reichlich 62×75 cm Fläche werden die Flugbahnen der bemannten Raumfahrzeuge am Mond und an der Erde demonstriert. Zwei Tabellenwerke auf der Vorder- und Rückseite der Karte, geben einen chronologischen Überblick der Raumflüge seit dem Start von Juri Gagarin und eine Aufzählung aller Kosmonauten, Astronauten sowie Interkosmonauten wieder. Angaben von Flugzeit der Besatzungen und Aufgaben der Raumflugmissionen ergänzen die Tabellenwerke. Eine dritte Tabelle gibt eine Zusammenfassung der bemannten Mondflug-unternehmen.

Neben den Darstellungen der von der Sowjetunion und den USA bisher eingesetzten Raumschifftypen werden die zwei Orbitalsysteme Salut 6 und Skylab 1 dargestellt. Weitere Abbildungen zeigen die Lage der Startzentren Balkonur und Cape Canaveral auf der Erde, eine Übersicht der Landeplätze der Mondunternehmen auf einer Mondkarte sowie eine Darstellung des Süßen See als Ergebnis einer MKF-6-Fotografie.

Ansonsten ein gutes Kartenwerk mit besonderer Verwendung im Rahmen der Sichtagitation von Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen für Ausstellungen und zur Ausgestaltung astronomisch-astronautischer Räumlichkeiten.

Vielleicht wäre es dennoch möglich gewesen, bei der Gegenüberstellung der Raumfahrzeuge Sojus, Skyslab und Salut eine etwas günstigere Darstellung für das US-Raumlabor zu finden. Auch die beidseitig ausgeklappten Solarzellenflächen entsprechen nicht der Realität. Die Abbildung vom Süßen See könnte im Austausch mit einer echten MKF-6-Weltraumaufnahme informativer sein.

Wäre noch zu ergänzen, daß es sich, wie in der Rückseitentabelle zu lesen ist, beim Apollo 14-Flug nicht um die Wiederholung des Fluges von Apollo 13, also der Havarie, handelt, sondern um die dritte Mondlandung mit Durchführung des beim Apollo 13-Flug geplanten Missionsprogramms.

Weiterhin wäre bei einer neuen Auflage zu überlegen, inwieweit die Brandkatastrophe von Apollo 1 vom Januar 1967 mit in die chronologische Übersicht aufgenommen werden kann.

Zusammenfassend kann man sagen: Dank und Anerkennung dem Autor Peter Stache, den Graphikern Axel Braun und Hellmuth Wolf und der Geographisch-Kartographischen Anstalt in Gotha.

Wie wäre es mit einer Übersicht in Form einer aktuellen Karte hinsichtlich der unbemannten Planetensonden-unternehmen?

BERND HENZE

P. Stache: 20 Jahre bemannte Raumfahrt. Haack aktuelle Karte, Preis DDR 1,60 M. VEB Hermann Haack, Geografisch-Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig 1981.

PROBLEME / LÖSUNGEN



DDR – Astroamateure fotografierte Südhimmel

Unserem Leser Wolfram Fischer aus Leipzig gelangen während der Südamerikatournee des Leipziger Gewandhauses beachtenswerte Himmelaufnahmen von einem Hoteldach inmitten der 10 Millionen-Stadt Buenos Aires! Telemontagemontierung mit Handnachführung, Leitfernrohr 50/540 mit 6 mm-Okular, eine Exakta VX 500, sowie ein Feldstecher 10×50 gehörten zu seinem Reisegepäck. W. Fischer hatte sich langfristig auf die zu erwartenden ungewohnten Beobachtungsbedingungen vorbereitet. Bereits während des Hinfluges übte er sich anhand einer selbstgefertigten drehbaren Sternkarte in der Orientierung am südlichen Himmel. In einem Brief an die Redaktion zeigte er sich außerordentlich beeindruckt von dem faszinierenden Anblick der südlichen Milchstraße, den Magellanschen Wolken und den vielen, mit bloßem Auge bereits erkennbaren Sternhaufen. Kein Sternfreund, der einmal das Glück haben sollte, auf der südlichen Hemisphäre zu weilen, wird sich dieses Eindrucks entziehen können. W. Fischer war theoretisch gut vorbereitet, dies verhalf ihm zu einem umfassenderen Erlebnis.

Vorschau auf Heft 6/81

Kataklymatische Doppelsterne – Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos – Intelsat 5, eine Nachrichtensatellitengeneration der achtziger Jahre – Aspekte zum Fernrohrmontierungsbau – Gegenseitige Bedeckung von Planeten – Über die Merkur-Sichtbarkeit...

Unsere Autoren

Oberst Sigmund Jähn, Fliegerkosmonaut der DDR, NVA Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium

Rolf Rieker, 1187 Berlin-Karolinenhof, Vetschauer Allee 68

Dr. G. Herms, 2520 Rostock 22, Karl-Zilly-Str. 23

Dr. Fritz Gohlhar, 1110 Berlin, Uhlandstr. 52

Dr. Dieter B. Herrmann, 1193 Berlin-Treptow, Archenhold-Sternwarte

Ing. Achim Grüngär, 8019 Dresden, Krenkelstr. 28

Dieter Richter, 8250 Meißen, Karl-Marx-Str. 14

W. Büttner, 8080 Dresden, Boltenhagener Str. 22

Dipl.-Astr. Erich Bartl, 5320 Apolda, Am Brückendorf 16 a

Matthias Schmögen, 04425 Medzev, Ul. gen. Petrova 2, CSSR

Manfred Schröter, 7207 Neukieritzsch, Str. der Einheit 2

Karsten Kirsch, 6900 Jena, Dreißlerstr. 39

André Knöfel, 1500 Potsdam, Anton-Fischer-Ring 96

Dr. André Koeckelenberg, B-1180 Brüssel, 3. avenue Circulaire

Dr. Klaus Lindner, 7024 Leipzig, Grünickestr. 7

E. Pfitzner, 9625 Ruppertsgrün, Reichenbacher Str. 32

Arnold Zenkert, 1500 Potsdam, Seestr. 17

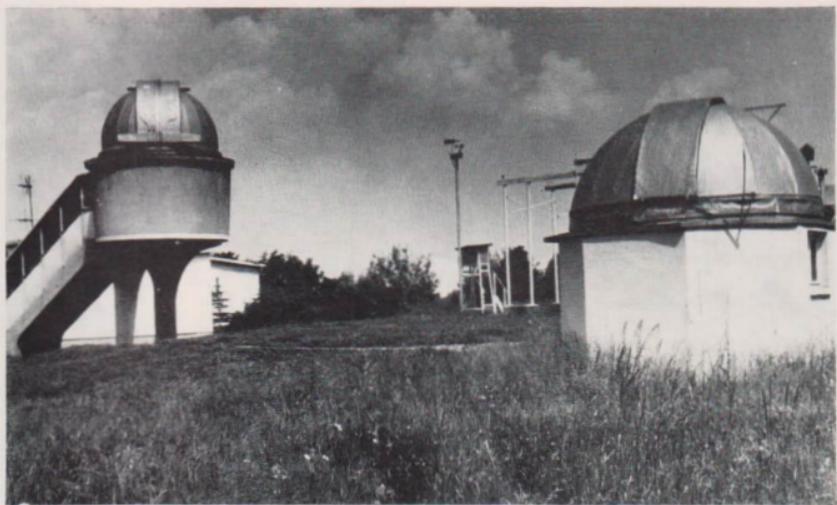
M. Gorges, 4300 Quedlinburg, Käthe-Kollwitz-Str. 59

Käte Tschachmann, 4020 Halle, Schülershof 1

Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestr. 99

Bernard Henze, 3010 Magdeburg, Str. der DSF 104

Wolfram Fischer, 7030 Leipzig, K.-Liebknecht-Str. 99

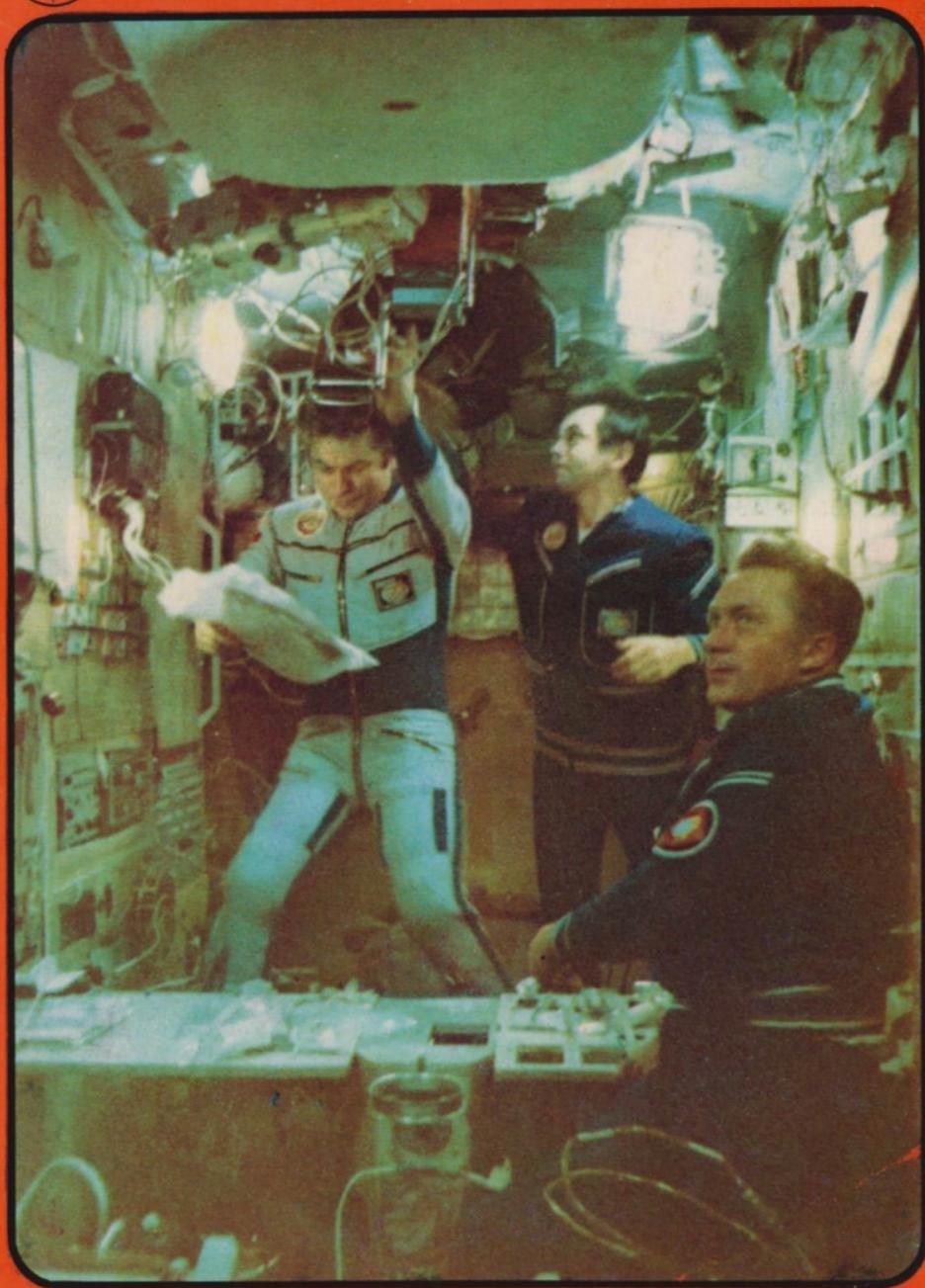


Zu S.157: 50 Jahre Sternwarte Eilenburg

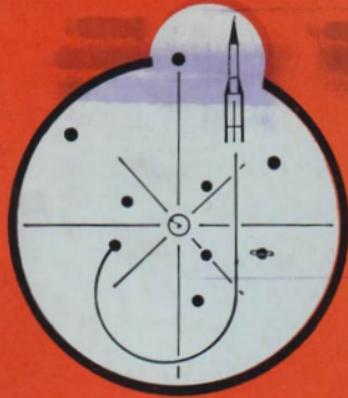
Zu S. 160: DDR-Astroamateur fotografierte Südhimmel

Sternassoziation um den diffusen galaktischen Nebel NGC 3372. Links der offene Sternhaufen NGC 3532, rechts (oberhalb der Mitte) der Haufen NGC 3293 und rechts unten NGC 3114 im Sternbild Carina (Kiel). – Sonnar 2,8/180, ORWO DK5, Belichtungszeit: 12 min.





Astronomie UND Raumfahrt

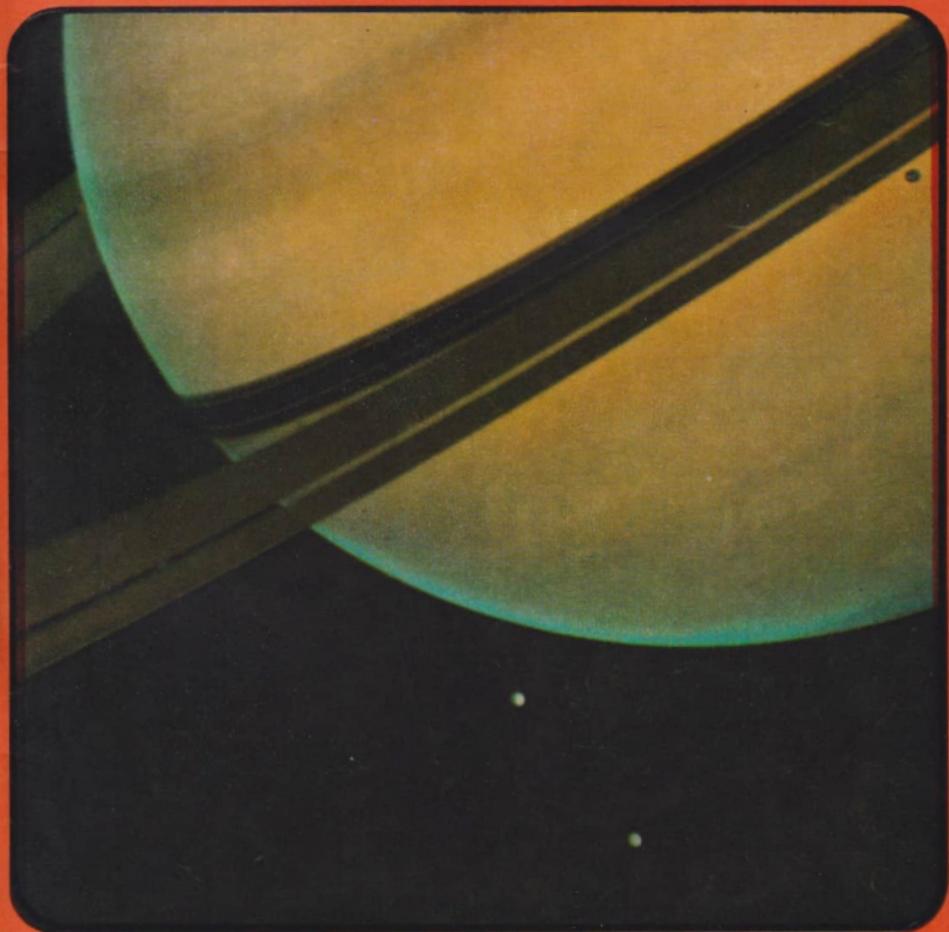


ISSN 0587-565 X

PZV 31052

EVP 1,50

1981 6



HERAUSGEBER: KULTURBUND der DDR



Astronomie und Raumfahrt

Raumfahrt 6/81

Herausgeber :

Kulturbund der DDR. Zentraler
Fachausschuß Astronomie

Redaktion :

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur);
OL Heinz Albert (verantwortlicher Redakteur); Jürgen
Gaslecki; Ing. Achim Grünberg;
Dipl.-Phys. Wolfgang Häupl; Artur
Hockauf; Karl-Heinz Neumann;
Dipl.-Phys. Jürgen Rendtel;
Dipl.-Phys. Manfred Woche;
Arnold Zenkert; Bernd Zill.

Redaktionssitz :

9630 Crimmitschau, Pionier- und
Jugendsternwarte „Johannes
Kepler“, Straße der Jugend 8,
Fernsprecher 3730.

Erscheinungsweise :

„Astronomie und Raumfahrt“
erscheint 1981 mit 6 Heften. Be-
zugspreis im Abonnement, zwei-
monatlich (1 Heft) 1,50 M. Bezug
durch die Post oder den Buch-
handel. Bestellungen aus dem
Ausland sind zu richten an das
Zeitungswerbungsamt, Abt. Ex-
port, 1017 Berlin, Straße der
Pariser Kommune 3-4. * * *
Veröffentlicht unter Lizenznum-
mer 1490 des Preseamtes 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 einzureichen.
Für unverlangte Einsendungen
wird keine Haftung übernommen.
Die Redaktion behält sich vor,
Beiträge zu kürzen bzw. zu bear-
beiten.

Der Nachdruck der in Astronomie
und Raumfahrt veröffentlichten
Beiträge ist nur mit Zustimmung
der Redaktion gestattet.

Satz und Druck :

IV/26/14 Fachbuchdruck
Naumburg

Inhalt

19. Jahrgang (1981) Heft 6

Ludwig Meinunger: Katalysmische Doppelsterne	162
Hans-Dieter Naumann: Intelsat 5 – eine Nachrichtensatelliten- generation der achtziger Jahre	169
Arnold Zenkert: Die gegenseitige Bedeckung von Planeten .	171
Fritz Gehlhar/Nina Hager: Philosophische Fragen der Er- schließung des Kosmos. Problemstudie, Teil 2	173
Wolfgang Roloff: Aspekte zum Fernrohr-Montierungsbau .	177
Gerhard Stemmler: Halobeobachtungen aus häufigkeitsstati- stischer Sicht	180
Ina und Jürgen Rendtel: Meteorbeobachtungen im August 1980	182
Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen Juli/August 1981 .	185
Beobachtungshinweise	
Erich Bartl: Die Beobachtung der Kometen (V).	185
Helmut Adler: Hinweise zur binokularen Beobachtung .	186
Kurzberichte	
Aus der Literatur	
Rezensionen	190
	191

Redaktionsschluß: 20. 9. 1981

**Ein erfolgreiches Jahr 1982 wünscht unseren
Lesern, Autoren und Mitarbeitern**

die Redaktion.

Titelbild: Voyager 1 – Foto vom Planeten Saturn, dessen Ring-
system und den beiden Monden Tethys und Dione, die einen
etwa 120mal kleineren Durchmesser als Saturn haben. Sowohl die
Cassini- als auch die Encke-Teilung im Ringsystem sind deutlich
zu erkennen. Der dunkle Punkt unterhalb des Ringes ist der
Schatten eines Mondes.

2. Umschlagseite: Andromedanebel (M 31). Aufgenommen am
26. 9. 1978 mit der Schmidt-Kamera 150/210/270 mm auf DK 5-
Film bei 45 min Belichtungszeit.

3. Umschlagseite: Cirrusnebel (NGC 69 60, 69 92-5) mit der SK
150/210/270 mm auf DK 5 bei 60 min Belichtungszeit am 31. 7.
1978 aufgenommen. (Fotos 2. u. 3. US.: W. Roloff)

4. Umschlagseite: Das Ringsystem des Saturn, aufgenommen von
Voyager 1. Die von der Erde aus beobachteten Ringabschnitte
A, B und C erwiesen sich auf den Fotos weit vielgestaltiger. Die
Teilungen (D, E; Cassini- und Encketeilung) waren nicht frei von
Material und der F-Ring nicht kreisrund, vielmehr als aus zwei
verdrehten Bändern bestehend, die knotenartige Verdickungen
aufweisen. Die Dicke des Ringsystems ist offenbar viel geringer
als bisher angenommen wurde. (Foto: NASA)

Kataklysmische Doppelsterne

LUDWIG MEINUNGER

Am Anfang naturwissenschaftlicher Erkenntnis steht die Sammlung und Sichtung empirischen Materials. Mit zunehmender Fülle des Beobachtungsmaterials erfolgt die zunächst noch oft nach rein äußerlichen Kriterien vorgenommene Systematisierung und schließlich die theoretische Durchdringung, die die beobachteten Phänomene durch möglichst wenige Naturgesetze erklärt. Dabei zeigt sich oftmals, daß zwischen Beobachtungen, die von ganz verschiedenen Seiten gewonnen wurden und zunächst scheinbar nichts miteinander gemein haben, recht enge Zusammenhänge bestehen können. Nicht anders verhält es sich mit dem Begriff der „Kataklysmischen Doppelsterne“, der in den letzten Jahren in der Astronomie allgemein gebräuchlich wurde, wie nachfolgend dargelegt werden soll. Man weiß heute, daß Sterne durch Kondensation in interstellaren Materiewolken entstehen. Am Ende dieses Prozesses gelangt der Stern schließlich auf die Hauptreihe. Diese Phase stellt einen sehr stabilen und meist auch sehr lange Zeit andauernden Zustand im Leben des Sternes dar. Während des Hauptreihenstadiums wird die vom Stern in den Weltraum abgestrahlte Energie durch Umwandlung von Wasserstoff in Helium im Inneren desselben gewonnen. Für jeden Stern kommt schließlich der Zeitpunkt, an dem die Wasserstoffvorräte im Inneren erschöpft sind. Dies ist umso früher der Fall, je massereicher der Stern ist. Am Ende des Hauptreihenstadiums setzen tiefgreifende Veränderungen in der Konstitution des Sternes ein. Der innere Kern kontrahiert, bis neue Kernprozesse einsetzen, die äußeren Schichten dehnen sich stark aus, der Stern wird für den Beobachter zum „Roten Riesen“. Je nach Masse des Sternes verlaufen diese Phasen recht unterschiedlich, gemeinsam ist jedoch, daß in allen Fällen die äußeren Schichten schließlich in den interstellaren Raum abgeblasen werden und der innere Kern als sehr dichtes Objekt, etwa als Weißer Zwerg oder als Neutronenstern, übrig bleibt.

Auf der anderen Seite wissen wir heute recht genau, daß ein großer Teil der Fixsterne (sicher mehr als 50 %) Mitglieder von Doppel- oder Mehrfach-Sternsystemen sind. Solange in solchen Systemen die Radien der Mitglieder im Vergleich zu ihren gegenseitigen Abständen hinreichend klein sind, was in den allermeisten Fällen, in denen sich die Komponenten noch auf der

Hauptreihe befinden, der Fall ist, können wir in sehr guter Näherung die Zustandsgrößen und Entwicklungswege derselben nach den für Einzelsterne bekannten Methoden bestimmen. Dies ändert sich jedoch grundlegend, wenn sich ein Mitglied zum Roten Riesen entwickelt. Während ein Einzelstern sich praktisch ungehindert nach allen Seiten gleichmäßig in den Raum ausbreiten kann, wird in einem Doppelsternsystem die Oberfläche des sich ausdehnenden Sternes durch die Anwesenheit des Begleiters mehr oder weniger deformiert. Wenn man wissenschaftlich begründete Aussagen über die Entwicklung eines solchen Systems machen will, muß man zunächst das Gravitationsfeld des Doppelsternsystems berechnen. Es zeigt sich dabei sehr bald, daß dieses Problem in voller mathematischer Strenge nicht lösbar ist, man muß daher nach Näherungslösungen suchen. Glücklicherweise gibt es eine Näherung, die mathematisch recht einfach ist, andererseits aber für Modellrechnungen zur Interpretation der Meßdaten im Rahmen der heute astronomisch überhaupt erreichbaren Genauigkeit mehr als ausreichend ist. Es ist dies das heute bei den Astronomen allgemein gebräuchliche „Roche'sche Modell“, das von dem Mathematiker Roche schon vor mehr als 100 Jahren entwickelt wurde.

Das Roche'sche Modell basiert auf der Berechnung der Flächen konstanten Potentials in einem Doppelsternsystem. Das Potential Φ ist eine in der theoretischen Physik eingeführte mathematische Funktion, die sich bei Berechnung von Kraftfeldern, z. B. von Gravitationsfeldern zwischen beliebig im Raum verteilter Materie oder von elektrischen Feldern zwischen beliebig im Raum verteilten Ladungen, als äußerst nützlich erwiesen hat. Sie ist u. a. durch folgende Eigenschaften charakterisiert: Entlang der Flächen konstanten Potentials $\Phi = c$ wirken auf ein Teilchen keine Kräfte, die Kraftwirkung erfolgt vielmehr stets senkrecht zu diesen Flächen. Berechnen wir für eine Schar äquidistanter, hinreichend benachbarter Werte der Konstanten c die zugehörigen Potentialflächen, dann ist die Kraftwirkung auf ein Teilchen an den Stellen besonders groß, an denen die einzelnen Potentialflächen besonders nahe benachbart sind, die Kraftwirkung ist umso geringer, je weiter die Flächen voneinander entfernt sind.

Nun sind Sterne Gebilde, bei denen Druck und Dichte in bestimmter Weise von innen nach außen abnehmen. Die Beobachtungen zeigen darüber hinaus, daß die allermeisten Sterne auch sehr stabil, in menschlichen Zeiträumen praktisch unveränderlich sind. Wir können uns die

Sterne aufgebaut denken aus Schalen konstanter Dichte ($\rho = \text{cst.}$) und konstanten Druckes ($p = \text{cst.}$). Innerhalb dieser Schalen wirken auf die Materie keine Kräfte, die Druckkräfte wirken vielmehr ausschließlich senkrecht dazu. Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß für stabile Sterne die Flächen $p = \text{cst.}$, $\rho = \text{cst.}$ und $\Phi = \text{cst.}$ zusammenfallen. Insbesondere ist die Sternoberfläche mit der Fläche $\rho = 0$ identisch. Wenn wir nun noch für den jeweiligen Stern den zur Fläche $\rho = 0$ gehörenden Wert des Potentials Φ bestimmen, was prinzipiell immer möglich ist, dann kennen wir bei Kenntnis des Potentialsfeldes auch automatisch die Oberflächenform des jeweiligen Sternes.

Dies ist für die Interpretation der Beobachtungen von ausschlaggebender Bedeutung. Nur bei der Sonne können wir Einzelheiten der Sternoberfläche beobachten. Alle anderen Sterne sind so weit von uns entfernt, daß sie auch in den größten Teleskopen punktförmig erscheinen, wir können deshalb bei ihnen nur sogenannte „integrale Größen“ beobachten: die Helligkeit oder das Spektrum eines Sternes ist die Summe von Beiträgen der Teile der Sternoberfläche, die im Moment der Beobachtung von der Erde aus sichtbar sind. Nur bei Einzelsternen mit nicht zu hoher Rotationsgeschwindigkeit können wir annehmen, daß die Sternscheibe an der Sphäre kreisförmig und zeitlich unveränderlich ist (falls diese Sterne zusätzlich noch Fleckengruppen besitzen, können wir selbst hier sehr geringe Änderungen beobachten, wie dies wahrscheinlich bei den Veränderlichen vom Typ BY Draconis der Fall ist). Bei den uns nachfolgend interessierenden Doppelsternsystemen weicht die Form der Sternscheiben erheblich von der Kreisgestalt ab, sie ist darüber hinaus in Abhängigkeit von der Umlaufperiode auch noch zeitlich veränderlich. Wir können das Beobachtungsmaterial bei solchen Sternen nur dann sinnvoll interpretieren, wenn wir hinreichend begründete Vorstellungen über die Konstellation des Systems in Abhängigkeit von der Phase haben.

In der Rocheschen Näherung geht man von folgenden, vereinfachten Voraussetzungen aus: die Masse der beiden Sterne ist jeweils in ihrem Mittelpunkt konzentriert; der Abstand der beiden Sterne ist zeitlich unveränderlich, d. h., die beiden Komponenten bewegen sich auf Kreisbahnen umeinander. Wählt man nun das Koordinatensystem so, daß der Nullpunkt mit dem Massenpunkt m_1 , die x -Achse mit der Verbindungsgeraden zwischen den beiden Massenpunkten m_1 und m_2 und schließlich die $x-y$ -Ebene mit der Bahnebene zusammenfallen, dann kann man für jeden Raumpunkt das Potential folgendermaßen berechnen:

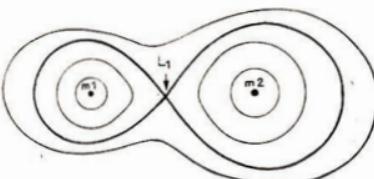


Abb. 1: Äquipotentiallinien eines Doppelsterns. L_1 innerer Lagrange-Punkt. Dicke Linie: Rochesche Grenzlinie.

$$\Phi = G \frac{m_1}{r_1} + G \frac{m_2}{r_2} + \frac{\omega^2}{2} \left[\left(x - \frac{m_2 a}{M} \right)^2 + y^2 \right]$$

m_1, m_2 :	Massen der beiden Komponenten
$m_1 + m_2 = M$:	Gesamtmasse des Systems
r_1, r_2 :	Abstände des jeweiligen Raumpunktes von den Massenpunkten m_1, m_2 .
a :	Abstand der Massenpunkte m_1, m_2 .
ω :	Winkelgeschwindigkeit des Systems
G :	Gravitationskonstante

Auf der rechten Seite obiger Formel enthalten die beiden ersten Terme die Anteile der Massenzugziehung (Gravitationskräfte), der dritte Term den Einfluß der Rotation (Fließkräfte). Erwähnt sei, daß ω gemäß dem 3. Keplerschen Gesetz durch a und M eindeutig bestimmt ist und aus der Gleichung eliminiert werden kann:

$$\omega^2 = \frac{GM}{a^3}$$

Auf weitere mathematische Einzelheiten sei hier nicht eingegangen, man vergleiche dazu die Literatur [1].

Trägt man den Verlauf der Linien konstanten Potentials in der Bahnebene auf, dann ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte Bild. In der Nähe der beiden Massenpunkte sind die Potentiallinien in sich geschlossen und weichen nur sehr wenig von der Kreisform ab. Mit zunehmendem Abstand entstehen immer stärker ovale Gebilde mit Ausbuchtungen in Richtung der Verbindungsgeraden der beiden Massen. Bei einem bestimmten Wert des Potentials berühren sich dann schließlich die beiden Potentiallinien in einem Punkt. Die zu dieser Linie gehörende Fläche ist die für die Theorie enger Doppelsterne ungemein wichtige Rochesche Grenzfläche. Der Punkt, an dem sich beide Flächen berühren, ist der innere Lagrange-Punkt L_1 . Die von dem gleichnamigen französischen Mathematiker gefundenen Lagrange-Punkte sind dadurch ausgezeichnet, daß auf einen kleinen Probekörper, den man in diese Punkte legt, keine Kräfte wirken, d. h., dieser Probekörper bleibt dort in Ruhe. In jedem Doppel-

sternsystem gibt es insgesamt fünf solcher Punkte, die alle in der Bahnebene liegen. Unmittelbar außerhalb der Rocheschen Grenzfläche umschließen die Potentialflächen beide Massenpunkte und nehmen eine hantelförmige Gestalt an. Da der Verlauf des Potentialfeldes weiter außen für die nachfolgenden Betrachtungen ohne Bedeutung ist, sei hier nicht näher darauf eingegangen.

Weiter oben wurde bereits dargelegt, daß die Sternoberfläche mit einer Potentialfläche zusammenfällt. Denken wir uns nun ein reales Doppelsternsystem, bei dem sich beide Komponenten zunächst einmal im Hauptreihenstadium befinden mögen und der gegenseitige Abstand ein Mehrfaches ihrer Durchmesser betragen soll. Die Form der beiden Sterne wird nur sehr wenig von der Kugelgestalt abweichen, jeder Stern wird zunächst sein Eigenleben führen, das sich von dem eines Einzelsternes kaum unterscheidet. Nach einer gewissen Zeit hat der massereichere Stern als erster seine Wasserstoffvorräte im Inneren verbraucht und beginnt sich auszudehnen. Je weiter sich der Stern ausdehnt, desto mehr weicht seine Oberfläche von der Kugelgestalt ab. Mit dem Erreichen der Rocheschen Grenzfläche ändert sich die weitere Entwicklung des Systems grundlegend. Jenseits des inneren Lagrange-Punktes L_1 befindet sich in Richtung zum Begleitstern eine „Potentialsenke“, während die übrige Rochesche Grenzfläche nach außen zu weiterhin von einem mehr oder weniger hohen „Potentialgebirge“ umgeben ist. Auf Grund seiner inneren Konstitution hat der Stern weiterhin das Bestreben, sich auszudehnen. Auf Grund der Struktur des Potentialfeldes kann der Stern jedoch seine Oberfläche nicht weiter vergrößern, er beginnt vielmehr, Masse an den Begleiter abzugeben.

Die weitere Entwicklung nach dem Einsetzen des Massenaustausches hängt von den spezifischen Verhältnissen der einzelnen Systeme ab, wir wollen dies nicht weiter verfolgen. Am Himmel selbst können wir alle drei Möglichkeiten, die sich aus dem oben Gesagten ergeben, beobachten. Wir kennen:

1. Getrennte Systeme: die Radien beider Komponenten befinden sich innerhalb der Rocheschen Grenzfläche. Befinden sich in einem getrennten System beide Komponenten auf der Hauptreihe, dann liefern solche Systeme, wenn im Spektrum beide Komponenten nachweisbar sind und zusätzlich eine totale Bedeckung stattfindet, die weitaus besten Werte für die Zustandsgrößen der Sterne; ihre Lichtkurven sind gekennzeichnet durch kleine Amplituden ($\Delta m \leq 0.7$ mag.) und völlig konstantes Normallicht.

2. Halbgetrennte Systeme: eine Komponente füllt die Rochesche Grenzfläche aus, der Radius der anderen befindet sich innerhalb dieser Fläche. Hierher gehören die meisten Bedeckungssterne vom Typ Algol und β Lyrae mit großen Amplituden und nicht konstantem Normallicht.

3. Kontaktstsysteme: beide Komponenten füllen die Rochesche Grenzfläche aus. Hierher gehören die meisten Sterne vom Typ W UMa.

Wir wollen nun noch etwas den Einfluß, den die über den Punkt L_1 auf den zweiten Stern einfallende Materie auf diesen ausübt, weiter verfolgen. Die Geschwindigkeit V , mit der ein Körper der Masse m aus sehr großer Entfernung (wo er zunächst als ruhend zu denken ist) bei senkrechtem Fall auf der Oberfläche eines Sternes der Masse M und vom Radius r eintrifft, berechnet sich aus der Formel

$$V^2 = \frac{2GM}{r} \quad (G = \text{Gravitationskonstante})$$

Die kinetische Energie des Körpers beträgt

$$E = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{GmM}{r}$$

Diesen Gleichungen ist zu entnehmen, daß die Geschwindigkeit und die kinetische Energie des einfallenden Körpers umso größer wird, je kleiner der Radius des Sternes ist. Sterne mit besonders kleinen Radien sind aber die Weißen Zwerge ($r \sim 10000$ km) und die Neutronensterne ($r \sim 100$ km). Nimmt man an, daß z. B. ein Proton auf der Oberfläche eines Sternes von einer Sonnenmasse hart aufschlägt und seine gesamte kinetische Energie in Strahlungsenergie umgewandelt wird, dann entsteht im Falle eines Weißen Zwerges Röntgenstrahlung, bei einem Neutronenstern Gammastrahlung. Selbstverständlich liegen in einem realen Sternsystem die Dinge nicht so einfach, die Materie fällt nicht ungehindert auf die Oberfläche des Begleiters und die kinetische Energie wird nicht restlos in Strahlung umgewandelt. Für die Behandlung realer Sternsysteme sind weitere, insbesondere hydrodynamische Überlegungen erforderlich. Allgemein ist man heute der Ansicht, daß um den Begleiter ring- oder scheibenförmige Gebilde entstehen (engl. *accretion disc*). Prinzipiell richtig bleibt die Vorstellung, daß die umgesetzten Energien um so größer werden, je kleiner der Radius und gleichzeitig damit je größer die Dichte des Begleitsternes ist.

Ist in einem Doppelsternsystem mit Massenaustausch der Begleiter ein Hauptreihen- oder Riesenstern, dann macht sich die Anwesenheit einer Hülle bzw. eines Ringes im Spektrum



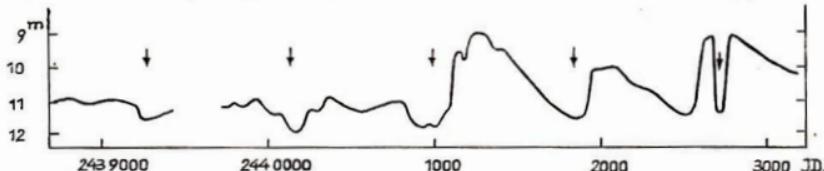
Abb. 2: Schematisches Modell eines Kataklysmischen Doppelsternes (Erläuterungen im Text).

durch mehr oder weniger schwache Emissionslinien bemerkbar; handelt es sich gleichzeitig um einen Bedeckungsstern, dann treten in der Lichtkurve geringfügige Deformationen und zeitliche Änderungen auf. Aus der Form der Lichtkurve ist ein solches System aber immer eindeutig als Bedeckungssterne zu erkennen. Ganz anders, wenn der Begleiter ein dichtes Objekt (Weißer Zerg, Neutronenstern) ist. Die Gesamthelligkeit solcher Systeme, die wir heute allgemein als Kataklysmische Doppelsterne bezeichnen (engl. *cataclysmic binary*; *cataclysmic* = überlaufen, überfließen), wird in hohem Grade durch die Vorgänge in der Accretionsscheibe bestimmt. Viele dieser Objekte sind sehr stark und unregelmäßig veränderlich, die Energie wird vorwiegend im kurzweligen Bereich abgestrahlt (d. h. es handelt sich um „blaue Objekte“) und ihre Doppelsternnatur ist oft nur sehr schwer und nur unter Einsatz modernster Beobachtungstechnik zu beweisen.

Nach diesen Ausführungen können wir nun einen Kataklysmischen Doppelstern bzw. einen Kataklysmischen Veränderlichen durch folgendes Schema charakterisieren (vgl. Abb. 2):

1. Ein Stern, der seine Rochesche Grenzfläche ausfüllt.
2. Der Begleitstern ist ein dichtes Objekt.
3. Ein Materiestrom, der über den Punkt L_1 auf den Begleiter fließt.
4. Eine Accretionsscheibe um den Begleiter
5. Ein heißer Fleck (engl. *hot spot*) an der Stelle, wo der einfallende Materiestrom auf die Accretionsscheibe trifft.

Abb. 3: Lichtkurve von CI Cygni, nach [2].



Wenn wir uns jetzt den heute bekannten Hauptgruppen Kataklysmischer Doppelsterne zuwenden, dann ist zu beachten, daß die hier gegebenen Definitionen nur einen groben Rahmen darstellen und daß bei genauer Beobachtung beinahe jeder Stern eine Individualität für sich ist. Es bleiben noch immer zahlreiche Sterne übrig, die sich nur schlecht oder überhaupt nicht in die nachfolgend behandelten Klassen einfügen.

1. Symbiotische Sterne und Veränderliche vom Typ Z Andromedae

Symbiotische Sterne sind Riesensterne späten Spektraltyps (meist M oder K), die aber zusätzlich Emissionslinien hoher Anregung zeigen, wie man sie normalerweise bei solch kühlen Sternen nicht erwartet. Man ist zwar heute ziemlich allgemein der Ansicht, daß es sich hierbei um Doppelsterne handelt, doch ist dies sehr schwer zu beweisen. In den Fällen, in denen man veränderliche Radialgeschwindigkeiten beobachtet, sind diese Änderungen zumeist unregelmäßig und darüber hinaus für die einzelnen Linien teilweise recht unterschiedlich.

Veränderliche vom Typ Z Andromedae, in der älteren Literatur oft als „Novähnliche“ bezeichnet, zeigen aus einem meist veränderlichen schwachen Licht den symbiotischen Sternen, während des hellen Lichtes dominiert dagegen der Blauanteil, d. h. die Sterne sind in dieser Phase heißer, doch sind die Verhältnisse bei den einzelnen Objekten recht unterschiedlich.

Einwandfrei nachgewiesen ist die Doppelsternnatur bisher nur bei wenigen Objekten:

CI Cygni (Abb. 3) ist ein Bedeckungsstern mit den Elementen $\text{Min} = \text{JD} 241\,1902 + 855^{+25}_{-25} \cdot E$ und derzeit der aktivste unter diesen Sternen (vgl. [2]). Da er in unseren Breiten fast das ganze Jahr über beobachtet werden kann, ist er auch für Amateure ein lohnendes Objekt.

AR Pavonis ist ein Bedeckungsstern mit einer Periode von 605 Tagen.

AG Draconis wurde vom Verfasser [3] mehrere

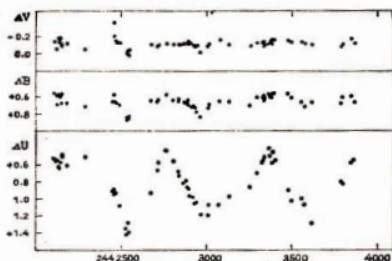


Abb. 4: Lichtelektrische Messungen von AG Draconis [3].

Jahre in Sonneberg lichtelektrisch beobachtet. Während der Stern im visuellen und blauen Farbbereich nur sehr geringe Änderungen zeigt, stellte sich überraschend heraus, daß er im Ultravioletten stark veränderlich ist mit einer Zykluslänge von 554 Tagen (Abb. 4). Diese Beobachtungen sind kaum anders als durch Umlaufbewegung einer heißen Komponente zu erklären.

Für einige weitere Objekte wurden spektroskopische Perioden abgeleitet, die aber aus den oben genannten Gründen noch nicht völlig gesichert sind.

Durchweg sind die Perioden ein bis mehrere Jahre lang, was, da in allen Fällen Riesensterne am Aufbau der Systeme beteiligt sind, auch nicht anders zu erwarten ist. Wahrscheinlich spiegelt die unterschiedliche fotometrische Aktivität zwischen den nahezu konstanten Symbiotischen Sternen und den teilweise recht aktiven Z And-Sternen die unterschiedliche Stärke des Massenaustausches in diesen Systemen wider. Zur Erklärung der Helligkeitsausbrüche gibt es erste theoretische Ansätze, die teils von der Umwandlung der kinetischen Energie der einströmenden Materie, teils von der Ausbildung eines „Wasserstoff-shell-flash“ auf einem Weißen Zwerg ausgehen. Insgesamt stehen diese Sterne heute am Rande des astronomischen Geschehens, was in unserer schnellebigen und meist durch raschen Erfolgswang gekennzeichneten Zeit nicht zuletzt dadurch zu erklären ist, daß jahrelange Beobachtungstätigkeit erforderlich ist, ehe man fundierte Aussagen machen kann. Gleichzeitig bietet sich gerade bei diesen Sternen für den Amateur die Chance, durch ihre systematische Überwachung wissenschaftlich wertvolle Arbeit zu leisten.

Alle nachfolgend zu behandelnden Gruppen sind von dieser ersten Gruppe deutlich abgesetzt: an ihrem Aufbau sind ausschließlich Zwergsterne beteiligt. Dadurch sind die Dimensionen

wesentlich kleiner und insbesondere die Perioden beträchtlich kürzer.

2. Novae

Novae sind (mit den Supernovae) die dem Menschen am längsten bekannten veränderlichen Sterne. Trotzdem dauerte es bis zur Mitte unseres Jahrhunderts, ehe man dem Verständnis dieser Erscheinungen einen wesentlichen Schritt näher kam. 1954 fand Walker, daß die 1934 aufgeleuchtete Nova DQ Her ein Bedekungsstern ist. Nachdem man durch diesen Befund aufmerksam geworden war, mehrten sich rasch die Anzeichen für die Doppelsternnatur dieser Objekte. Nicht zuletzt sind die gewaltigen Fortschritte der letzten Jahre dem zunehmenden Einsatz von Großinstrumenten und modernster Beobachtungstechnik zu danken, da alle „Exnovae“ sehr lichtschwach sind. Heute zweifelt kein Astronom mehr daran, daß alle Novae enge Doppelsternsysteme sind. In Tabelle 1 sind die bisher bekannten Perioden für Novae und die unter 3. zu behandelnden „Dwarf Novae“ zusammengestellt (nach [4]).

Die Perioden sind alle kürzer als ein Tag. Nur in den Fällen, in denen die Periode länger als 6 Stunden ist, ist das Spektrum der sekundären (d. h. der masseabgebenden) Komponente sichtbar, es handelt sich dabei um Zwergsterne vom Typ G oder K. In der Hauptsache wird das Spektrum im Minimum bestimmt durch ein blaues Kontinuum, zumeist überlagert von Emissionslinien des Wasserstoffs und teilweise anderen Elementen. Man ersieht weiter aus Tabelle 1, daß die Perioden der Novae und der „Dwarf Novae“ gemischt sind. Die Ursachen, wieso physikalisch offenbar sehr ähnliche Systeme in einem Fall zur Nova, im anderen Fall zur „Dwarf Nova“ werden, sind gegenwärtig völlig unbekannt.

Auf den Ablauf eines Novaausbruches sei hier nicht eingegangen, da dies vielfach in der Literatur, u. a. auch in dieser Zeitschrift, beschrieben wurde.

Als Ursache der Novaausbrüche geht man heute allgemein von folgendem Modell aus: die dichte Komponente des Kataklysmischen Systems ist ein Weißer Zwerg, dessen Wasserstoffvorräte erschöpft sind. Infolge des Massenaustausches sammelt sich im Laufe der Zeit vom Begleiter abgegebene wasserstoffreiche Materie auf der Oberfläche des Weißen Zwerges an. Beim Erreichen eines kritischen Zustandes zündet plötzlich der Wasserstoff für kurze Zeit (*hydrogen-shell-flash*) und verursacht den Novaausbruch. Von einer befriedigenden theoretischen Behandlung dieser Vorstellungen ist man allerdings heute noch weit entfernt.

3. Dwarf Novae

Unter diesem Begriff seien hier die U Gem- und Z Cam-Sterne sowie einige Sonderfälle (z. B. AE Aqr, MV Lyr, V Sge), die in der Literatur ebenfalls oft als „Novaähnlich“ bezeichnet werden, zusammengefaßt.

U Gem-Sterne zeigen in regelmäßigen Abständen Helligkeitsausbrüche mit einer Amplitude von mehreren Größenklassen, die umso größer ist, je größer der zeitliche Abstand zwischen den Ausbrüchen ist. Bei den Z Cam-Sternen treten zeitweilig längere Stillstände im mittleren oder hellen Licht auf, während die Lichtkurven der „novaähnlichen“ Objekte einen stärker unregelmäßigen Verlauf zeigen. Die Spektren zeigen im Minimum ein blaues Kontinuum mit Emissionslinien, im hellen Licht nimmt die Intensität der Linien im Vergleich zum Kontinuum ab bzw. sie verschwinden ganz.

Mehrere Objekte, darunter der Stern U Gem, sind Bedeckungsveränderliche. Die Lichtkurven weichen aber von denen normaler Bedeckungssterne erheblich ab. Charakteristisch ist ein heller „Buckel“ (engl. *hump*), der durch den „Heißen Fleck“ verursacht wird. Eine schematisierte Lichtkurve sowie das zugehörige Modell für U Gem sind in Abb. 5 dargestellt [5]. Bei Systemen mit größerer Bahnneigung (z. B. VW Hyi, Z Cha) findet keine Bedeckung mehr statt, man beobachtet nur noch den „hump“ und kann daraus die Periode bestimmen. Das Bedeckungsminimum und der „hump“ sind nur im schwachen Licht zu beobachten, sie verschwinden während der Ausbrüche.

Ein Blick auf Tab. 1 zeigt, daß im Periodenzeitraum zwischen 2 und 3 Stunden keine Sterne bekannt sind. Eine befriedigende Erklärung für diese auffallende Lücke hat man bisher nicht gefunden. Neueste Untersuchungen [6] zeigen nun, daß der größte Teil der „ultrakurzperiodischen Sterne“ zu einer besonderen Untergruppe, den SU UMa-Sternen, gehört. Diese Sterne zeigen neben normalen, in ziemlich unregelmäßiger Folge erscheinenden Ausbrüchen zu gewissen Zeiten noch sogenannte „Supermaxima“, deren Dauer ein Mehrfaches der normalen Maxima beträgt. Diese Supermaxima erscheinen in sehr regelmäßigen Abständen. Besonders interessant ist dabei, daß während der Supermaxima wieder Buckel, sog. „superhumps“ beobachtet werden und daß diese „superhumps“ in allen bisher bekannten Fällen eine etwas längere Periode haben als die normalen „humps“, die im Minimum beobachtet werden. Für eine bessere Erforschung dieser Gruppe wäre eine systematische Überwachung ihrer beiden in

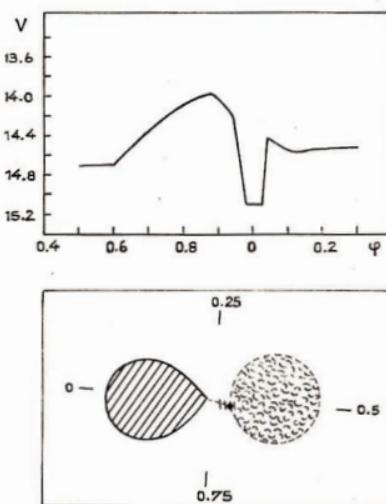


Abb. 5: Schematische Lichtkurve und zugehöriges Modell von U Geminorum, nach [5].

Tabelle 1: Novae (N) und Dwarf Novae (DN) mit bekannten Perioden [4]

Name	Typ	m_{min}	P	Spektrum (sek. Komponente)
GK Per	N	13.0	16 ^h 20 ^m	K21 Vp
BV Cen	DN	12.9	14 38	dG:
AE Aqr	DN	11.5	9 53	K2V
RU Peg	DN	12.8	8 54	G81 Vn
EM Cyg	DN	12.9	7 00	G od. K
Z Cam	DN	13.6	6 56	dG1
SS Cyg	DN	12.1	6 38	dG5
RW Tri	DN	12.9	5 34	—
RX And	DN	12.6	5 05	—
T Aur	N	14.9	4 54	—
UX UMa	DN	12.3	4 43	—
DQ Her	N	14.2	4 39	—
SS Aur	DN	14.7	4 20	—
U Gem	DN	14.5	4 10	—
WW Cet	DN	13.6	3 50	—
RR Pic	N	12.0	3 29	—
VZ Sel	DN	15.6	3 28	—
V 603 Aql	N	11.5	3 19	—
TT Ari	DN	10.6	3 12	—
VW Hyi	DN	13.4	1 47	—
Z Cha	DN	15.2	1 47	—
VV Pup	DN	14.5	1 40	—
EX Hya	DN	13.7	1 39	—
V 436 Cen	DN	15.5	1 32	—
WZ Sge	DN	15.2	1 22	—
AM CVn	—	14.2	18	—

unseren Breiten gut sichtbaren Mitglieder AY Lyr und SU UMa sehr nützlich.

Bei der theoretischen Erklärung der Ausbrüche wird meist Umsetzung der kinetischen Energie der eindringenden Materie in Betracht gezogen, während zeitweiliges Wasserstoffbrennen weniger wahrscheinlich ist. Alle bisherigen Überlegungen stecken aber noch stark in den Anfängen und sind sehr spekulativ.

4. Polare

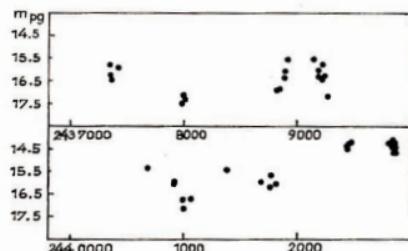
Unter dieser Bezeichnung wird neuerdings eine gegenwärtig noch kleine Gruppe veränderlicher Sterne mit außergewöhnlichen Eigenschaften zusammengefaßt (Tab. 2).

Tabelle 2: Polare

Name	Periode
AM Her	3 ^h 09 ^m
VV Pup	1 40
AN UMa	1 55

Der Lichtwechsel setzt sich zusammen aus langsamem, unregelmäßigen Änderungen von mehreren Größenklassen Amplitude, denen in allen Phasen rasche Änderungen überlagert sind. Die Lichtkurve von AN UMa ist in Abb. 6 dargestellt. Das Spektrum zeigt auch hier ein blaues Kontinuum mit überlagerten Emissionslinien. Das Besondere an diesen Sternen ist nun, daß ihr Licht eine erhebliche, in Abhängigkeit von der Phase veränderliche Polarisation besitzt. Dieses polarisierte Licht wird durch den Synchrotron-Mechanismus erzeugt. Synchrotronstrahlung entsteht, wenn sich geladene Partikel, z. B. Elektronen, mit hoher Geschwindigkeit in einem starken Magnetfeld bewegen. Durch Analyse des polarisierten Lichtes kann man Rückschlüsse auf die Stärke des erzeugenden Magnetfeldes ziehen und findet dabei sehr hohe Werte in der Größenordnung von 10^8 Gauß. Modellvorstellungen gehen dahin, daß die

Abb. 6: Lichtkurve von AN UMa.



Weissen Zwerge in diesen Systemen sehr starke Magnetfelder besitzen. Da die vom Begleiter einfallende Materie ein elektrisch leitendes Plasma ist, wird der Aufbau einer Accretions Scheibe durch das Magnetfeld verhindert, die Materie stürzt vielmehr entlang der Feldlinien an den beiden Magnetpolen auf die Oberfläche des Weißen Zwerges und erzeugt hier die „heißen Flecken“. Die langzeitigen Änderungen werden durch unterschiedliche Stärke des einfallenden Materiestromes erklärt.

5. Einige Sonderfälle

• **HZ Herculis:** Während bei den bisher behandelten Systemen die kompakten Komponenten Weiße Zwerge sein dürften, haben wir hier wahrscheinlich ein System vor uns, dessen kompakte Komponente ein Neutronenstern ist. HZ Her wurde 1936 von Hoffmeister in Sonneberg als unregelmäßig veränderlicher blauer Stern entdeckt und fristete lange Zeit ein unbeachtetes Dasein, bis er 1972 mit einem Schlag weltweit ins Rampenlicht der astronomischen Öffentlichkeit geriet. Man stellte damals fest, daß die vom ersten Röntgensatelliten „Uhuru“ entdeckte starke Röntgenquelle Her X-1 mit HZ Her identisch ist. Die Röntgenquelle ist mit einer Periode von 1,24 Sekunden veränderlich, wie das ähnlich bei den Pulsaren der Fall ist. Den Pulsen sind geringe periodische Verschiebungen im Verlauf von 1,7 Tagen überlagert, die die Umlaufperiode der Quelle widerspiegeln. Über das komplexe, noch längst nicht in allen Einzelheiten verstandene Verhalten dieses Systems existiert inzwischen eine umfangreiche Literatur (vergl. z. B. [7]).

• **Cyg X-1 (V1357 Cyg):** Nachdem die reale Existenz der Weißen Zwerge bereits seit Jahrzehnten bekannt und seit der Entdeckung der Pulsare auch die Existenz der Neutronensterne erwiesen ist, ist man weltweit auf der Suche nach den „Schwarzen Löchern“ (engl. black hole). Black Holes sind theoretisch postulierte Gebilde, in denen die Materiedichte so hoch und dementsprechend das Gravitationsfeld so stark ist, daß selbst Licht (Photonen) nicht mehr entweichen kann, d. h., diese Gebilde erscheinen uns völlig schwarz. Ihr Nachweis wäre für uns nur auf indirektem Wege über die Gravitationswirkung, etwa in einem Doppelsternsystem, möglich. Obwohl der Begriff der Schwarzen Löcher heute fast zum Allgemeingut aller wissenschaftlich Interessierten gehört, muß doch betont werden, daß es sich hierbei um gegenwärtig noch völlig hypothetische Gebilde handelt. Aus theoretischen Überlegungen weiß man, daß Neutronensterne nur existieren können, wenn ihre Masse geringer

als etwa 1,4 Sonnenmassen ist. Es ist nun ein sehr naheliegender Gedanke, nach Black Holes in massereichen Kataklysmischen Doppelsternsystemen zu suchen. Hier muß jedoch bemerkt werden, daß eine exakte Massenbestimmung in Kataklysmischen Systemen eine schwierige, gegenwärtig noch mit großen Unsicherheiten behaftete Aufgabe ist. So ist es nicht verwunderlich, daß von etlichen, in der Vergangenheit in Betracht gezogenen Systemen derzeit nur noch Cyg X-1 ernsthaft im Gespräch ist. Die optische Komponente dieses Systems ist ein O9.7I-Stern, der eine Masse von etwa 20 Sonnenmassen besitzen dürfte. Die Periode des Systems beträgt 5,6 Tage. Aus verschiedenen Überlegungen geht hervor, daß auch die Masse des spektroskopisch nicht nachweisbaren Begleiters recht groß sein muß (etwa 12 Sonnenmassen). Alle an diesem System bisher durchgeführten Beobachtungen sprechen zwar nicht gegen die Existenz eines Black Hole, sind aber andererseits auch noch kein Beweis dafür. Über weitere Einzelheiten kann man z. B. in [8] nachlesen.

• SS 433: Seit etwa zwei Jahren ist SS 433 das astronomische Sensationsobjekt ersten Ranges. Das Objekt ist sowohl im Radio- wie auch im Röntgenbereich veränderlich. Das Besondere sind die Emissionslinien von Wasserstoff und Helium, die in drei Komponenten aufspalten, wobei die mittlere Komponente in Ruhe bleibt, während die beiden anderen Komponenten symmetrisch nach Blau bzw. Rot verschoben sind und die Radialgeschwindigkeit dieser beiden Komponenten mit einer Periode von 164 Tagen veränderlich ist. Dabei werden maximale Verschiebungen von $+50000 \text{ km s}^{-1}$ bzw. -30000 km s^{-1} beobachtet. Über Modellvorstellungen zur Deutung dieser Erscheinungen vergleiche man etwa [9], [10].

Damit sei die Besprechung der wichtigsten, derzeit bekannten Typen Kataklysmischer Doppelsterne beendet.

Zum Schluß sei auf ein wichtiges, heute ganz in den Anfängen steckendes Forschungsthema hingewiesen. Gemeint sind Modellrechnungen über die Entwicklung von Doppelsternsystemen. Bei Einzelsternen sind die Entwicklungswegs in vieler Hinsicht recht gut bekannt. Wir wissen z. B., daß Pulsationsveränderliche nur „kurze“ Durchgangsstadien im Leben eines Sternes sind, wobei wir die jungen Population I-Objekte (δ -Cephei-Sterne) auf der einen und die alten Population II-Objekte (RR Lyrae-Sterne) auf der anderen Seite in unsere heutigen Modellvorstellungen recht gut einordnen können. Auch die Kataklysmischen Doppelsterne sind

sicher nur kurze Durchgangsstadien im Leben der Doppelsterne. Die bisher noch sehr spärlichen stellarstatistischen Untersuchungen deuten z. B. darauf hin, daß die U Gem-Sterne vorwiegend in der Milchstraße vorkommen und wahrscheinlich zur Population I gehören, während Novae und unregelmäßige, blaue, wahrscheinlich den Polaren nahestehende Objekte zahlreich im galaktischen Halo gefunden wurden und zur Population II gehören dürften. Hier eine Verbindung zwischen Stellarstatistik und Modellrechnungen herzustellen, ist eine lohnende Aufgabe für die Zukunft.

Literatur: [1] Z. Kopal: Dynamics of Close Binary Systems. - D. Reidel, Dordrecht, 1978. - [2] J. Rauer: Bedeckungslichtwechsel bei CT Cygni? in: BAV-Rundbrief 26, Jg., Nr. 1/2, p. 2-5, 1977. - [3] L. Meinunger: Discovery of a period on the symbiotic star AG Draconis. IBVS Nr. 1611. - [4] B. Warner: Observations of Dwarf Novae in: Structure and Evolution of Close Binary Systems, 85-140. IAU Symposium Nr. 73. - [5] J. Smak: Eruptive Binaries II: U Geminorum. Acta Astronomica Vol. 21 (1971), 15-47. - [6] N. Vogt: The SU UMa Stars, an Important Sub-group of Dwarf Novae. Astron. Astrophys. 88, 66-76 (1980). - [7] R. Kippenhahn: HZ Herculis, der Sonnenberger Röntgensterne. Sterne und Weltraum 12, 133-136 (1973). - [8] H.-E. Fröhlich: Gibt es Schwarze Löcher? Die Sterne 56, 220-226 (1980). - [9], [10] J. Dorschner u. J. Gürtier: SS 433: Beobachtungsergebnisse und Modellvorstellungen. Die Sterne 56, 117-119 und 247-248 (1980).

INTELSAT 5 - eine Nachrichtensatellitengeneration für die achtziger Jahre

H. D. NAUMANN

Mit seiner sechsten Nachrichtensatellitengeneration Intelsat 5 nahm das Intelsat - Konsortium Satelliten in Betrieb, die die Leistungsfähigkeit dieses Systems in den achtziger Jahren bestimmen werden. Gegenüber den Vorgängerarten Intelsat 4 A verkörpern die neuen Typen entscheidende technische Fortschritte und führen zu einer weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit sowohl bezüglich der Kapazität als auch der Systemflexibilität.

Die Ausschreibung für die Entwicklung der Intelsat 5-Satelliten erfolgte 1975 an rund 40 Firmen. 1976 folgten Projektauswahl und Auftragsvergabe an die US-Firma Aeronautic Ford als Hauptauftragnehmer, mit der Untertragnehmer in Frankreich, England, Italien, Japan und der BRD am Projekt beteiligt sind. Das Auftragsvolumen umfaßte den Bau von sieben Satelliten. Der für 1979 vorgesehene Erststart mußte aus technischen Gründen je-

doch um mehr als ein Jahr verschoben werden. Der Start der folgenden Modelle erfolgt mit jeweils 3 bis 5 Monaten Abstand. Der Vertrag beinhaltet die Möglichkeit, innerhalb der folgenden fünf Jahre nach Vertragsabschluß den Auftrag um weitere acht Satelliten zu erhöhen, um den für Mitte der achtziger Jahre eingeschätzten Bedarf von ca. 90000 Sprechkreisen befriedigen zu können. Als Alternative dazu werden aber bereits der Einsatz einer modifizierten Satellitengeneration Intelsat 5 A, einer völlig neuen Generation Intelsat 6 oder eine neue Systemvariante, die neben den Intelsat 5-Satelliten den Einsatz kleinerer Nachrichtensatelliten mit optimierter Technik für die Verwendung vorwiegend in nationalen und regionalen Nachrichtennetzen vorsieht.

Der Start der ersten vier Intelsat 5-Satelliten erfolgt mit der Trägerrakete Atlas-Centaur, für die folgenden war der Space Shuttle vorgesehen. Auf Grund der Schwierigkeiten mit der Raumfähre wird für den sechsten Intelsat 5 auf die westeuropäische Trägerrakete Ariane umorientiert. Die Startmasse der „Atlas-Centaur-Version“ beträgt 1870 kg. Die Satelliten bestehen aus einem kastenförmigen Grundkörper von 6,5 m Höhe einschließlich Antennenauflauf. Die maximale Ausdehnung über die Solarzelleneppaden beträgt 15,7 m. Die wesentlichsten technischen Fortschritte gegenüber den Vorgängertypen sind:

- Lagestabilisierung gegenüber der bisher bei Intelsat generell angewandten Drallstabilisierung mit entdrallten Antennenplattformen,
- Erstmals Nutzung des 11/14 GHz-Bereichs neben dem 4/6 GHz-Bereich,
- Mehrfachnutzung der Frequenzbereiche 4/6 GHz durch Antennenstrahlstreuung und -trennung und Dualpolarisation,
- Optimale Ausleuchtung der Versorgungsbereiche durch deformierbare und schwenkbare Strahlungskeulen,
- Höhere Übertragungskapazität für insgesamt 12000 Sprechkreise und zwei Farbfernsehprogramme je Satellit.

Für die Intelsat 5-Satelliten wurde die Kompatibilitätsforderung aufrecht erhalten, d. h., daß jeder Satellit ohne Veränderung in jedem der Hauptverkehrszentren einsetzbar ist. Auf Grund der erstmaligen Nutzung der 11/14 GHz-Bereiche und der zunächst noch geringen Anzahl von Erdunkstellen für diese bestehen im Interesse hoher Flexibilität in den Satelliten Querverbindungen zwischen dem 4- und 14 GHz- sowie 6- und 11 GHz-Bereich („Cross strapping“), über die Verkehr zwischen 4/6 GHz- und 11/14 GHz-Erdunkstellen möglich ist.

Durch die Satelliten werden drei verschiedene Ausleuchtgebiete erzeugt:

- Hemisphärenkeulen im 4/6 GHz-Bereich, die globalen Charakter haben,
 - Zonenkeulen im 4/6 GHz-Bereich, die nur die Gebiete mit erhöhtem Verkehrsaufkommen innerhalb der Hemisphärenkeulen erfassen. Sie arbeiten mit dualer Polarisation und sind schwenk- und deformierbar. Alle in ihnen liegenden Erdunkstellen müssen ihre Antennen für duale Polarisation umrüsten.
 - Spot-Beam-Keulen im 11/14 GHz-Bereich innerhalb der Hemisphärenkeulen für Gebiete mit sehr hohem Aufkommen, wofür neue Erdunkstellen erforderlich sind, für die Antennen durchmesser mit maximal 19 m Durchmesser angestrebt werden. In diesem Bereich wird mit linearer Polarisation gearbeitet.
- Die gesamte Nutzlast ist auf drei Module aufgeteilt:
- den Elektronikmodul,
 - den Antennenmodul,
 - den Versorgungsmodul.

Kernstück des Elektronikmoduls, der die gesamten Nachrichtenübertragungseinrichtungen enthält, sind insgesamt 27 Transponder mit Bandbreiten von 36 MHz (5), 72 MHz (14), 77 MHz (6) und 241 MHz (2). 21 arbeiten im 4/6 GHz-Bereich, 6 im 11/14 GHz-Bereich. Die gesamte Bandbreite beträgt damit 2280 MHz gegenüber 720 MHz bei Intelsat 4 A. Die Intelsat 5-Satelliten 5, 6 und 7 werden darüber hinaus spezielle Einrichtungen für maritime Satellitenfunkverbindungen erhalten, die im Rahmen des sich in Vorbereitung befindlichen „International Maritime Satellite System“ (INMARSAT) eingesetzt werden sollen.

Das Antennenmodul umfaßt sieben Antennen für die Nachrichtenübertragung und vier für Telemetrie, Lagekontrolle und Kommandoempfang. Zur Erzeugung der Hemisphären- und Zonenkeulen im 4/6 GHz-Bereich dienen vier offsetgespeiste Reflektoren, deren größter 2,44 m Durchmesser hat. Rechtwinklig angeordnet hierzu sind die 11/14 GHz-Antennen. Alle übrigen Antennen und die Speisesysteme sind auf einem Antennenturm montiert. Allein die geformten 4/6 GHz-Keulen benötigen 88 Speisehörner! Der Betrieb der nachrichtentechnischen Ausrüstungen erfordert 820 W, der der sonstigen Ausrüstungen zusätzlich 180 W. Zahlreiche technologische Neuerungen sind in die Konstruktion eingeflossen. So bestehen zahlreiche Strukturteile sowie Antennen, Erreger und Antennenträger aus einem sehr leichten, graphitverstärkten Epoxidharz, was wesentliche Gewichts-

einsparungen erbrachte. Zu den Neuerungen gehören ferner elektrisch vorgeheizte Hydrazin-antriebe zur Lageregelung sowie ein Feststoff-Apogäumsmotor, der auch bei den militärischen Fleetsatcom-Satelliten eingesetzt wird.

Tabelle 1:

	Erst-start	Band-breite	Kapazität
Intelsat 1	1965	50 MHz	240 TFK
Intelsat 2	1966	252 MHz	240 TFK od. 1 TV
Intelsat 3	1968	450 MHz	1500 TFK od. 4.TV
Intelsat 4	1971	432 MHz	3750 TFK + 2 TV
Intelsat 4 A	1975	720 MHz	6250 TFK + 2 TV
Intelsat 5	1980	2280 MHz	12000 TFK + 2 TV

Literatur: Schmeller, O.: Intelsat V, die neue Satelliten-generation von Intelsat; NTZ, 30 (1977) 5, S. 78—380. — Schwarz, B.: Intelsat V — Internationales Nachrichtensatellitensystem der achtziger Jahre; Funkschau, 49 (1977) 9, S. 121—122. — Dause, B.: Künftige internationale Nachrichtensatelliten-Intelsats vorläufige Planungen bis 1983; nachrichten-elektronik, 33 (1979) 5, S. 145—149. — Brauer, W.: 12000 Telefongespräche und zwei Farbfernsehprogramme; FAZ, 29.3.1980 Nr. 76, S. 13. — Kurzbericht; Funkschau, 51 (1970) 11, S. 600. — Kurzbericht; nachrichten-elektronik, 34 (1980) 4, S. 106—107.

Wir gratulieren

zur Auszeichnung mit der

Johannes R. Becher-Medaille in Gold

den Bundesfreunden

OSR EDGAR OTTO, stellvertretender
Vorsitzender des ZFA Astronomie und
OL HEINZ ALBERT, verantwortlicher
Redakteur von AuR.

ZFA Astronomie

Die Redaktion

**Zur Erinnerung an unsere ausländischen
Bezieher:
Vergessen Sie nicht, Ihr Abonnement
für den Jahrgang 1982 jetzt zu erneuern!**

Verkaufe Schulfernrohr „Telementor“, komplett mit Montierung und Stativ sowie Sonnenprojektionschirm und Okular f = 6 — 0 für 1200 M. — Marcel Mühlring, 1156 Berlin, Paul-Zobell-Str. 11.

11*

Die gegenseitige Bedeckung von Planeten

ARNOLD ZENKERT

Jeder Himmelsbeobachter wird sich gewiß schon die Frage gestellt haben, wann ein Planet einen anderen Planeten bedecken kann. Wie oft ist eigentlich eine gegenseitige Planetenbedeckung zu erwarten? Die meiste Zeit über bewegen sich die Planeten in einem schmalen Streifen am Himmel. Sie nehmen im Durchschnitt eine scheinbare Größe von 15'' ein und jährlich ereignen sich etwa 12 Planetenkonjunktionen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, eine solche Erscheinung alle 200 Jahre von einem bestimmten Ort der Erde aus zu beobachten.

Jean Meeus veröffentlichte (im „Journal of the British Astronomical Association“, 80, 282, 1970) Angaben über die gegenseitigen Planetenbedeckungen. Er fand so vier Erscheinungen zwischen den Jahren 1500 und 1850, jedoch keine zwischen 1850 und 2000. Steven C. Albers, Stewart Manor, New York, kam mittels eigener Computerberechnungen zu anderen Ergebnissen. So kommt es innerhalb des Zeitraums von rund 500 Jahren zu weiteren gegenseitigen Bedeckungen. Die Tabelle vermittelt einige interessante Einzelheiten über die 21 gegenseitigen Planetenbedeckungen, die in diesem Zeitraum eintreten. Für uns Zeitgenossen des 20. Jahrhunderts ergibt sich eine ungünstige Periode, da zwischen 1818 und 2065 nicht eine Bedeckung stattfindet. Beim Studium der Tabelle entdeckt man noch einige Besonderheiten: An den gegenseitigen Bedeckungen sind in der Hauptsache die inneren Planeten beteiligt, da sich diese am schnellsten über die Himmelsphäre bewegen. Trotz seines geringen scheinbaren Scheibendurchmessers und der relativ großen Abweichung von der Ekliptik ist Merkur am mehr als der Hälfte der Erscheinungen beteiligt. Die meisten Bedeckungen ereignen sich in der Nähe der Sonne, worauf die geringen Elongationswinkel hinweisen. Dennoch ist ein Teil dieser Erscheinungen einigermaßen zu beobachten (s. Tabelle S. 172).

Es ergibt sich die interessante Frage, ob seit Erfindung des Fernrohrs überhaupt schon einmal eine gegenseitige Planetenbedeckung beobachtet worden ist. J. MEEUS verwies auf einen bekannten Fall, als im Jahre 1737 Merkur von Venus bedeckt worden ist. (Einzelheiten dieser Beobachtung berichtete J. BEVIS von Greenwich in „Sky and Telescope“, Dez. 1956, S. 68).

Zu den spektakulärsten Erscheinungen gehören seit der Erfindung des Fernrohrs die sehr enge Annäherung Merkur-Jupiter am 20. Juli 1705, die Bedeckungen Venus-Merkur am 28. Mai 1737, Venus-Saturn am 29. August 1771, Merkur-Saturn am 9. Dezember 1808 und besonders von Venus-Jupiter am 3. Januar 1818. Für die Beobachter mit bloßem Auge ist die Annäherung zweier heller Planeten faszinierend. In den meisten Fällen bewegen sie sich in der Stunde um 3' bis 4' weiter. Dies entspricht etwa dem Auflösungsvermögen des bloßen Auges. Bei

einem geringeren Winkelabstand erscheinen die beiden Planeten für etwa zwei Stunden nicht mehr getrennt, so daß irgendwelche Veränderungen nicht wahrnehmbar sind.

Bis zum Jahre 2065 wird keine gegenseitige Planetenbedeckung stattfinden. Nur einige unserer jüngsten Mitbürger dürften dieses Ereignis im hohen Alter erleben. Diese Bedeckung des Jupiter durch Venus wird jedoch infolge der geringen Elongation von 8° durch die Sonnenhelligkeit sehr beeinträchtigt werden.

Literatur: „Sky and Telescope“, März 1979, S. 220 ff.

Tabelle 1: Die gegenseitige Bedeckung von Planeten von 1570 bis 2223

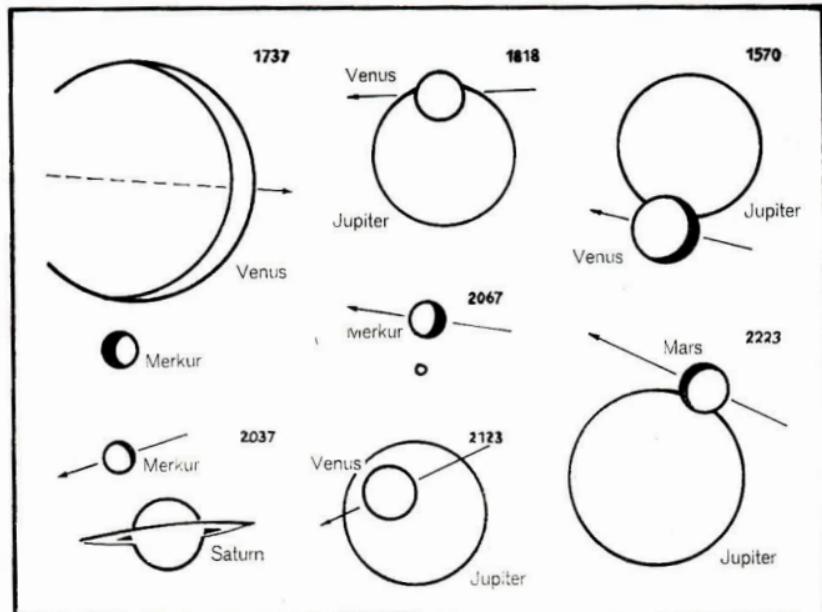
1 Datum	2 ET	3 Planet	4 s "	5 s' "	6 °	7 Elong. "	8 d ₁ "	9 d ₂ "	10 m ₁	11 m ₂	12 Rekt. Dekl.	
1570 Feb. 5	7:47	Venus	Jupiter	18.03	7.32	25 W	11.22	30.69	-3.3	-1.5	309.5	-19.0
1590 Okt. 13	4:55	Venus	Mars	7.05	4.68	34 W	13.14	3.91	-3.5	+2.0	171.8	+ 4.9
1613 Jan. 4	2:08	Jupiter	Neptun	3.98	16.88	108 W	36.37	2.44	-1.7	+7.7	181.6	+ 0.8
1623 Aug. 15	17:03	Jupiter	Uranus	5.11	12.13	9 W	29.06	3.53	-1.3	+5.9	140.3	+16.2
1702 Sep. 19	13:26	Jupiter	Neptun	2.62	23.69	165 W	46.26	2.53	-2.5	+7.6	14.2	+ 4.3
1708 Juli 14	13:02	Merkur	Uranus	7.59	5.45	25 E	6.45	3.55	+0.2	+5.9	142.6	+15.5
1708 Okt. 4	12:46	Merkur	Jupiter	10.75	10.73	1 E	4.74	28.48	-1.1	-1.2	194.2	- 4.9
1737 Mai 28	21:54	Venus	Merkur	35.21	12.37	22 E	51.97	6.82	-3.8	+0.1	92.8	+25.6
1771 Aug. 29	19:38	Venus	Saturn	9.25	7.64	14 W	10.19	14.08	-3.4	+0.7	147.0	+14.4
1793 Juli 21	5:40	Merkur	Uranus	1.31	11.19	24 E	6.15	3.56	+0.1	+5.9	147.2	+14.0
1808 Dez. 9	20:35	Merkur	Saturn	16.15	0.91	20 W	6.06	13.72	-0.3	+0.7	237.7	-18.2
1818 Jan. 3	21:51	Venus	Jupiter	12.23	11.83	10 W	10.43	29.61	-3.4	-1.4	268.3	-23.2
2065 Nov. 22	12:47	Venus	Jupiter	14.17	9.04	8 W	9.96	28.81	-3.4	-1.2	229.1	-17.3
2067 Juli 15	11:57	Merkur	Neptun	10.02	2.38	18 W	6.32	2.37	-0.4	+7.8	93.3	+22.3
2079 Aug. 11	1:30	Merkur	Mars	1.24	7.05	11 W	5.43	3.58	-1.2	+2.0	128.2	+19.9
2088 Okt. 27	13:46	Merkur	Jupiter	18.98	2.62	5 W	4.78	23.56	-1.0	-1.2	207.0	-10.0
2094 Apr. 7	10:46	Merkur	Jupiter	6.32	16.69	2 W	4.98	30.88	-1.6	-1.6	14.0	+ 4.8
2123 Sep. 14	15:26	Venus	Jupiter	5.89	17.62	16 E	10.31	28.66	-3.3	-1.2	185.2	- 1.0
2126 Juli 29	16:07	Merkur	Mars	5.04	2.97	9 W	5.28	3.59	-1.4	+1.9	116.8	+22.1
2133 Dez. 3	14:10	Venus	Merkur	36.60	24.30	4 E	63.23	4.63	-3.0	-0.7	251.4	-23.6
2223 Dez. 2	12:39	Mars	Jupiter	20.56	9.56	89 E	9.13	37.55	+2.0	-2.0	337.2	-10.8

Erläuterungen zu den Spalten 1–12:

- Bei 1570 nach dem Julianischen Kalender
- Zeitangabe in ET bezieht sich auf die Konjunktion der Planeten in Rektaszension
- Der erste Planet bedeckt den zweiten
- Minimale geozentrische Distanz in Bogensekunden zwischen den Zentren der Planeten
- Maximale Überlappung der beiden Planetenscheiben in Bogensekunden
- Elongationswinkel in Grad von der Sonne
- Scheinbarer Durchmesser des bedeckenden Planeten in "
- Scheinbarer Durchmesser des bedeckten Planeten in "
- Helligkeit des bedeckenden Planeten
- Helligkeit des bedeckten Planeten
- Rektaszension und Deklination der Planeten nach dem Äquinoktium von 1950.0

Die Skizze (S. 173) zeigt sechs gegenseitige Planetenbedeckungen sowie die enge Annäherung von 2037. Alle Teilbilder haben gleichen Maßstab, Norden ist jeweils oben. Es handelt sich um die geozentrischen Verhältnisse (für einen Beobachter mit den Planeten im Zenit). Die Pfeile zeigen die Bahn des näheren Planeten relativ zu dem weiter entfernten. Wiedergegeben ist jeweils der Anblick mit der geringen Entfernung vom Zentrum des Planeten. Bei der Erscheinung Merkur-Venus i. J. 1737 sowie Merkur-Neptun i. J. 2067 findet keine geozentrische Bedeckung statt, dennoch bedeckt Merkur für einen nördlichen befindlichen Beobachter den anderen Planeten. Neben der Annäherung Merkur-Saturn am 15.9.2037, die hier dargestellt ist, hat Albers noch drei weitere ermittelt: Am 20. Juli 1705 näherte sich für einen Beobachter im Fernen Osten Merkur bis auf eine Bogensekunde Jupiter. Am 23. August 2100 passiert Mars im Abstand von 1,6 Neptun und am 16.7.2173 wird Merkur sich bis auf eine Bogensekunde Mars nähern.

Nachbestellungen älterer Jahrgänge ab sofort nur noch an den Redaktionssitz richten.



Philosophische Fragen der Erschließung des Kosmos

Problemstudie – Teil 2

FRITZ GEHLHAR

Raumfahrt und wissenschaftlich-technische Revolution

Zu den grundlegenden Richtungen der Beeinflussung von Technik und Produktion gehören: die Reproduktion und Benutzung von Prozessen analog denjenigen, wie sie hauptsächlich im Kosmos stattfinden, für die Produktionssphäre; die Entwicklung der Raumfahrttechnik und die Einführung ihrer Errungenschaften in andere Produktionszweige; die Verlagerung bestimmter produktionstechnischer Komplexe in den Kosmos. Es wird deutlich, daß die Raumfahrt einen erheblichen Einfluß auf den Gang des wissenschaftlich-technischen Fortschritts nimmt. Daher wird die Beziehung zwischen

Raumfahrt und wissenschaftlich-technischer Revolution (wtR) lebhaft erörtert. Es gibt Autoren wie Faddejew, für die das Wesen der wtR sich in der Kosmierung des Systems Wissenschaft-Technik ausdrückt. Nicht alle sehen die Bedeutung der Raumfahrt für die wtR so extrem. Für Ursul ist zumindest der Grad des Eindringens kosmischer Motive in die Produktion ein Indikator für den Reifegrad der Produktivkräfte. Es gibt aber auch Spezialisten für philosophische Probleme der Technik, in deren Überlegungen die Raumfahrt bisher so gut wie keine Rolle spielt.

Man kann also davon ausgehen, daß die genaue Bestimmung des Verhältnisses von Raumfahrt und wtR zu den noch zu klärenden Problemen gehört. Verfolgt man die Erörterungen zu diesem Problem, dann kann man sich dem Verlangen nach einer detaillierteren Einschätzung realer Möglichkeiten schwer entziehen. Insbesondere möchte man Genaueres zur Unterscheidung von Aufgaben der nahen Zukunft von denjenigen, deren Erfüllung noch in weiter Ferne liegt, haben. Natürlich sind sich die an den Problemen arbeitenden Spezialisten der zeitlichen Dimensio-

nen zur Realisierung ihrer Projekte meist sehr bewußt. Aber einmal gibt es im allgemeinen ziemliche Divergenzen zwischen der ursprünglichen Planung eines Projekts, seiner Ausarbeitung auf dem Reißbrett und seiner schließlich Realisierung. Denken wir z. B. an die ständige Verschiebung des Erstfluges von „Space Shuttle“ sowie an die ebenfalls ständige Erhöhung seiner Kosten.

Zum anderen gelangt das Wissen der Spezialisten um die zeitlichen und finanziellen Realisierungsmöglichkeiten ihrer Projekte aus verschiedenen Gründen ungenügend in die breite Öffentlichkeit. Dadurch wird u. a. in den Massenpublikationsmitteln vieles sensationell aufgemacht, was einer nüchternen Darstellung bedürfte. So wurde in westlichen Zeitungsmeldungen und Rundfunk- bzw. Fernsehsendungen bei der Propagierung der Einsatzmöglichkeiten von „Space Shuttle“ unter solchen Aufgaben, die im gegenwärtigen Jahrzehnt realisiert werden können, auch das Projekt der Umwandlung der Sonnenstrahlung in elektrische Energie und ihrer Übertragung von außerirdischen Heliostationen mittels Hochfrequenzstrahlung zur Erde genannt. Dabei gab es in der Regel keinerlei Angaben über die gewaltigen Kosten dieses Projekts. Philosophische Deutungen, die nicht die zeitlichen Dimensionen der Entwicklung des Verhältnisses von wTR und Raumfahrt berücksichtigen, können einen Verstärkereffekt hinsichtlich der irrealen Bewertung solcher Entwicklungen bewirken. Hierzu gehört m. E. auch eine möglicherweise zu radikale Sicht der Bindung von wTR und Raumfahrt.

3. Kosmische Aspekte der Wechselwirkung von Natur und Gesellschaft

Ökologie, Rohstoff- und Energieprobleme, Krieg und Frieden

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt, der dem Menschen eine wachsende Befriedigung seiner materiellen und geistigen Bedürfnisse gestattet, bringt zugleich eine Reihe von Problemen mit sich. Sie bestehen u. a. auch darin, daß durch unsere immer stärkere Einwirkung auf die Natur die Gefahr wächst, daß es zu irreparablen Veränderungen in der natürlichen Umwelt kommt und daß sich die irdischen Rohstoff- und Energiereserven erschöpfen. Beides bedeutet also eine Bedrohung der natürlichen Bedingungen menschlicher Existenz. Wir haben es hier mit einem Perspektivproblem der Menschheit zu tun. Natürlich gibt es zu seiner Lösung und auch zur Frage seiner Schärfe sehr unterschiedliche Meinungen. Die einen glauben, daß ökologische Fragen allein mit irdischen Mitteln

lösbar sind...; die anderen sehen den einzigen Ausweg in einer „kosmischen Lösung“ dieser Probleme (s. [3], S. 123).

Diese Probleme gehören gewiß zu denjenigen, die die Menschheit in absehbarer Zeit lösen muß, um ihre Zukunft zu sichern. Jedoch das Problem Nr. 1 für die Menschheit ist die Verhinderung ihrer Vernichtung durch einen Kernwaffenkrieg, dessen Gefahr durch die forcierte Hochrüstungspolitik und andere Aktionen der imperialistischen Staaten immer realer wird.¹ Es gilt also für die Menschheit, Probleme zu lösen, die aus ihrem eigenen Wirken auf der Erde hervorgehen. Sie muß sie lösen, will sie überleben. Mit der Raumfahrt ist jedoch die Zukunftsproblematik der menschlichen Gesellschaft in noch umfassenderem Sinne verbunden. Gemeint ist damit

Die Frage der kosmischen Zukunft der Menschheit

Mit der Anführung des Standpunktes von F. Engels zu diesem Problem wurde die im vorigen Jahrhundert herrschende Auffassung bereits charakterisiert. Durch die Raumfahrt hat sich eine ganz neue Sicht auf dieses Problem ergeben und damit auch erneut die Frage, ob eine endliche Existenzdauer der irdischen (oder einer anderen) Zivilisation unausweichliche Notwendigkeit sein muß. Kernthese von Ziolkowskis „kosmischer Philosophie“ ist bekanntlich die Annahme (zumindest einer möglichen) ewigen Existenz und Entwicklung der Menschheit. Dabei geht er davon aus, daß unsere Zivilisation durch Besiedelung anderer Gegenden des Kosmos der Verschlechterung ihrer Existenzbedingungen ausweicht.

Schkłowski, der diese Frage eng mit den Problemen der Ökologie, der Rohstoff- und Energievorräte verband, hat zur Frage der Ausbreitung der Menschheit in den Kosmos einen Zeitplan entworfen ([1], S. 261—267; s. auch [2].):

Projekt	Zeitdauer seiner Realisierung
Errichtung einer außerirdischen Kolonie für 10 000 Menschen im Librationspunkt des Erde-Mond-Systems	15—20 Jahre
Errichtung einer „Dyson-Sphäre“ (künstliche Biosphäre) um die Sonne für 10 Milliarden Menschen	250 Jahre
Erschließung des gesamten Sonnensystems	500—2500 Jahre
Erschließung unserer Galaxis	10 Millionen Jahre
Erschließung der Metagalaxis	10 Milliarden Jahre (Existenzdauer der Metagalaxis)

Hierbei geht Schkłowski davon aus, daß „Erschließung“ nicht einfach die Besiedlung von

Oberflächen geeigneter Himmelskörper, sondern die Verfügung über die stofflichen und energetischen Vorräte aller in dem betreffenden System befindlichen Objekte, d. h. ihre Umgestaltung oder Verarbeitung für die Zwecke von Weltraumkolonien bedeutet.

Wird die Vernunft zur „größten Kraft im Kosmos“ (Ziólkowski)?

Schklowkis Überlegungen haben zu einem ziemlichen Aufruhr geführt. Wie sie offensichtlich selbst, waren die meisten Reaktionen auf sie ziemlich einseitig. Man sollte m. E. zweierlei beachten. Einmal sind Schklowkis Schlüssefolgerungen natürlich recht spekulativ, weil er sehr viel extrapoliieren mußte, um sie zum Ende zu führen. Aber er extrapolierte nicht irgend etwas, sondern einen großen Teil heutigen Wissens – und damit auch heutiger Irrtümer. Das aber muß man machen, wenn man eine derartige Prognose wagen will; und einer muß den ersten Versuch gemacht haben, wenn anders durch kritische Analysen einen solchen Entwurf verbessern oder eine Gegenvariante entwickeln sollen. Schklowkis Entwurf ernst zu nehmen heißt damit, seine Ergebnisse nicht zu ernst zu nehmen, sondern sie einer kritischen Analyse zu unterziehen, zusätzliche Erkenntnisse und methodologische Überlegungen einzubringen, um diese Schlüssefolgerungen zu relativieren oder zu präzisieren.

Damit wäre festzuhalten: Erstens ist das, was Schklowksi gemacht hat, wissenschaftlich legal und auch notwendig, will man zu Überlegungen über die weitere Zukunft der Menschheit auf einer gewissen wissenschaftlichen Grundlage kommen. Auf der Grundlage des jeweils gegenwärtigen Wissensstandes müssen die Möglichkeiten für künftige Entwicklungen „durchgespielt“ werden. Zweitens hat man Schklowkis Überlegungen und die Diskussionen zu ihnen als einen Ausdruck der neuen Sicht auf das Problem der kosmischen Zukunft der Menschheit anzusehen. Sie sind mehr als Präzisierung der Problemstellung, denn als Lösung des Problems anzusehen.

Notwendig scheinen mir noch einige Bemerkungen zum philosophischen Herangehen an diese Problematik. Faddejew hebt in [4] (S. 220 ff) Ziolkowskis Idee einer unendlichen Entwicklung der Menschheit und der menschlichen Vernunft als Faktor der Evolution des Weltalls hervor. Er behandelt diese Problematik auf dem Hintergrund seines philosophischen Verständnisses von Kreislauf, Veränderung und Entwicklung; wendet sich gegen die Auffassung von sich ständig wiederholenden Kreisläufen in Natur und Weltall; hebt die Idee der unendlichen Ent-

wicklung der materiellen Welt (des Weltalls) als die dialektisch-materialistische hervor.

Gewiß sind die Beziehungen von Kreisläufen und Entwicklungsprozessen noch ungenügend klar. Aber zu Faddejews These muß ich zumindest sagen: Erstens ist mir die ständige Entwicklung der Welt als Ganzes so etwas wie ein Wunder in Permanenz. Schon der Gedanke einer Entwicklung der materiellen Welt als Ganzes ist wissenschaftlich m. E. nicht haltbar (vgl. [5], S. 88; s. auch [6]). Zweitens sehe ich bei dem Zustandekommen dieser Vorstellung einer ewigen Existenz und Entwicklung der Menschheit Aspekte, die hinsichtlich der methodischen Anwendung der Philosophie äußerst problematisch sind. Die Antwort auf die Frage der kosmischen Zukunft der Menschheit ist nicht allein eine philosophische Antwort. Sie basiert jeweils auf dem gesamten Wissen der Zeit; bzw. sie hat dies zu tun, wenn sie Anspruch auf Seriosität erheben will. Sie läßt sich somit nicht aus philosophischen Grundaussagen ableiten. Bei Faddejew liegt aber ein Versuch in dieser Richtung vor. Dabei kommt noch hinzu, daß er zur Begründung seiner Antwort eine nicht allgemein anerkannte Auffassung über das Verhältnis von Kreislauf und Entwicklung zugrunde legt. In diesem Sinne wird hier eine (ungesicherte) philosophische These zur Richtschnur einzelwissenschaftlichen Denkens und Forschens gemacht. Das widerspricht dem, was wir über den heuristischen Charakter des methodischen Einsatzes der Philosophie gesagt haben.

Weiter: Die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik, speziell auch die der Raumfahrt, hat gezeigt, daß die Vorstellungen des vorigen Jahrhunderts, die die Lebensgefahr der menschlichen Zivilisation mit dem Schicksal der Erde, mit der Kosmogenese unseres Planetensystems verbanden, unzutreffend sind. Eine angenommene Grenze für die Existenz der Menschheit verschwand damit. Das gestattet es freilich nicht, sofort das Fehlen jeglicher Grenzen und eine ewige Existenz und Entwicklung der Menschheit anzunehmen. Aber zumindest gibt es die Berechtigung und den Anlaß, diese Frage aufzuwerfen. Diese Frage selbst hat wiederum einen gewichtigen weltanschaulichen Hintergrund. Für das menschliche Individuum stellt sich wegen seiner endlichen Existenz die Frage nach dem Sinn des Lebens. Es kann sie damit beantworten, daß es mit den Ergebnissen seiner Tätigkeit in der menschlichen Gesellschaft fortlebt. Was aber, wenn diese Gesellschaft selbst ein Ende ihrer Geschichte hat? Wird dann nicht diese Antwort auf die Frage nach dem Sinn des Lebens hinfällig.

Birjukow charakterisiert die philosophischen

Vorläufer Ziolkowskis, Suchowo-Kobylin und Fedorow, dadurch, daß er hervorhebt, ihre Vorstellungen von der ewigen Entwicklung der Menschheit waren weniger wissenschaftliche, als intuitive naturphilosophische Konstruktionen, sie waren begründet auf dem Glauben an die große Zukunft der Menschheit und auf dem „mächtigen Wunsch“, daß diese Zukunft wirklich so sein möge ([4], S. 229). Welche ausreichende Grundlage haben wir, um nicht annehmen zu müssen, daß bei der Charakterisierung solcher Thesen wie denen der Unsterblichkeit der Menschheit und der ewigen Entwicklung des Weltalls als Ganzes als der wahre Standpunkt (S. 219) nicht auch in großem Maße der Wunsch Vater des Gedankens war?

4. Weltraumforschung und Raumfahrt in der wissenschaftlich-phantastischen Literatur

NINA HAGER

Wissenschafts-, Technik- und Gesellschaftsutopien finden schon seit vielen Jahrhunderten ihren Niederschlag in der Literatur. Oft besaßen sie direkte weltanschaulich-philosophische Bedeutung³.

Aus dem weiten Bereich von phantastischer Literatur (einschließlich „pseudoliterarischer“ Ableger), die sich auf menschliche Probleme in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft auf der Erde bzw. ihre Widerspiegelung in der Raumfahrt und Weltraumforschung bezieht, sei auf die weltanschauliche Relevanz insbesondere der letzteren hingewiesen. Utopische, wissenschaftlich-phantastische Literatur, science fiction, die sich mit der Raumfahrt des Menschen beschäftigt, findet einen breiten, stark interessierten Leserkreis, besonders unter jugendlichen Lesern. Die besonderen Möglichkeiten der Darstellungsweise, nämlich „Denkbarrieren“ zu durchbrechen⁴ und Räume, Zeiten sowie Erscheinungen zu beschreiben, die uns nicht, noch nicht oder möglicherweise auch in Zukunft nicht zugänglich sein werden, die Beschreibung des Kontaktes mit humanoiden oder nichthumanoiden Zivilisationen, sind zweifellos Ursachen für wirkungsvolle Mechanismen der Vermittlung gerade *weltanschaulich relevanter Wertungen*.

Eine Aufgabe philosophischer Analyse sollte daher in Zusammenarbeit mit Literaturwissenschaftlern in der Untersuchung der entsprechenden Werken zugrunde liegenden weltanschaulichen Grundstandpunkte bestehen, in der Aufdeckung der vermittelten weltanschaulich relevanten Wertungen und der unter Umständen sehr konkreten Zielstellungen (z. B. bei n Massenauflagen erscheinenden „pseudo-

literarischen“ Weltraumabenteuern in kapitalistischen Ländern, aber auch in bezug auf seriöse Werke, die sich mit konkreten Fragen der Wissenschaftsentwicklung u. a. auseinandersetzen). Damit könnte ein Beitrag zur weiteren Vertiefung unserer Weltanschauung und ihrer besseren Vermittlung in Auseinandersetzung mit bürgerlichen und „scheinlinken“ Ideologien geleistet werden.

Betrachtet man die in der DDR zugängliche Literatur, so stellt man fest, daß neben der zunehmend geringer auftretenden literarischen Verarbeitung technischer bzw. wissenschaftlich-technischer Utopien (wobei nicht die Populärwissenschaft gemeint ist, in der manchmal solche phantastischen Elemente zur besseren Vermittlung von Kenntnissen usw. herangezogen werden), in denen der gesellschaftliche Handlungsrahmen nur ein Mittel ist, diese Entwicklungen zu beschreiben, eine große Anzahl weltanschaulich-philosophisch tiefer zu analysierender Bücher erschienen. In ihnen werden weltanschaulich relevante Fragen der Entwicklung von Wissenschaft und Technik behandelt, Auseinandersetzungen mit weltanschaulichen Grundfragen gefördert⁵. In der DDR-Literatur selbst ist in den letzten Jahren ein Trend zur Auseinandersetzung mit dem genetic engineering zu beobachten, wobei auch die Raumfahrt am Rande mit einbezogen wird⁶. Eine tiefere Analyse der im Zusammenhang damit vertretenen weltanschaulichen Standpunkte ist u. E. unumgänglich.

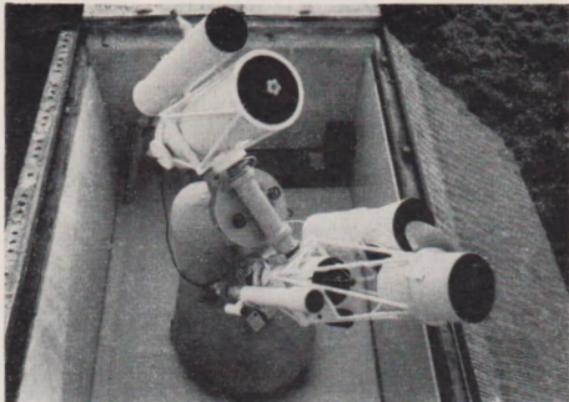
Dabei fällt jedoch auf, daß Fragen, wie die Züchtung von entsprechend angepaßten Raumfahrern vor allem in der westeuropäischen und amerikanischen science fiction (wahrscheinlich beeinflußt von Diskussionen unter Wissenschaftlern), aber auch in Polen u. a., in der DDR nur vereinzelt in Erzählungen (und nicht als grundätzliches Problem) behandelt werden.

Die Raumfahrt wird neben der erwähnten Verarbeitung technischer bzw. wissenschaftlich-technischer Utopien vor allem als Vehikel für die Auseinandersetzung mit weltanschaulich relevanten Fragestellungen oftmals recht irdischer Natur, aber auch solchen, die die gesetzmäßige Entwicklung im Kosmos und ihre Erkenntnis betreffen, benutzt. Die aufgeworfenen Fragen beziehen sich auf das Verhalten der Menschen zueinander in extremen Entscheidungssituativen, das Menschenbild und die Humanität in einem umfassenden Sinne (Kontakt mit Außerirdischen, aber auch die Gegenwart und Zukunft des Menschen?), Auseinandersetzung mit Krieg, Militarismus, Rassismus, Faschismus, mit der Manipulation des Menschen, aber auch auf Fragen des Geschichtsprozesses (z. B. inwieweit

Zum Beitrag S. 177:**Aspekte zum Fernrohrmontierungsbau**

Amateursternwarte mit Kombinationsinstrument.

I. o.: N 150/900 mm,
C 250/3750mm,
r. u.: R 80/840 mm,
SK 200/250/600 mm, SK
150/210/270 mm.



Kienmontierung (Mitte links).

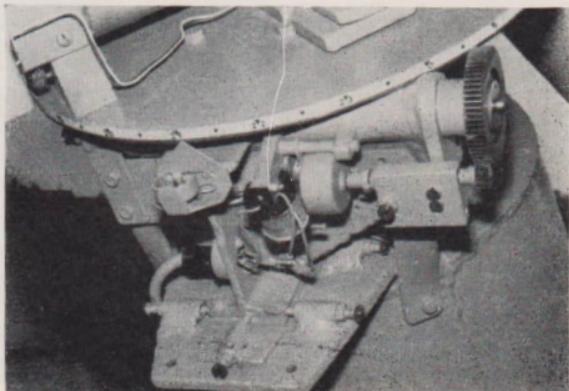
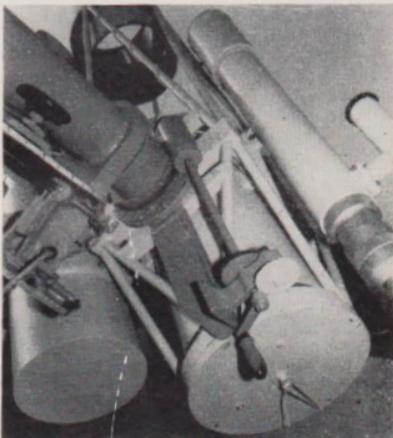
In der Bildmitte Frequenzgenerator, darunter Trafos für Teilkreisbeleuchtung, Dunkelfeldbeleuchtung und Korrekionsplattenbeheizung.

**Stundenachsenantrieb
(Mitte rechts).**

Bildmitte: Getriedemotor EMH 1374.1, rechts:
Zwischengetriebe 1:5, unten:
Justiervorrichtung, bei 21 h:
Index und Teilkreisbeleuchtung.

Deklinationstrieb (unten).

Handkurbel zur Grobverstellung,
darüber Handräder zur Feineinstellung, Verbindungs-
stange zum Schneckentrieb
an der Fernrohrwiege.





**Zum Beitrag S. 187:
30 Jahre
Volkssternwarte Erfurt**

... auf dem Gelände der iga.

Der Leiter, Günter Loibl,
während einer der zahlreichen
öffentlichen Führungen
am Fernrohr.



Bildseite III:

Zum Beitrag S. 187.

Was leistet heute ein gutes
Fernrohr inmitten der
Lichtfülle einer Großstadt?
Kostprobe aus Erfurt am
Beispiel von Mondfotos.
(Aufn. G. Loibl)

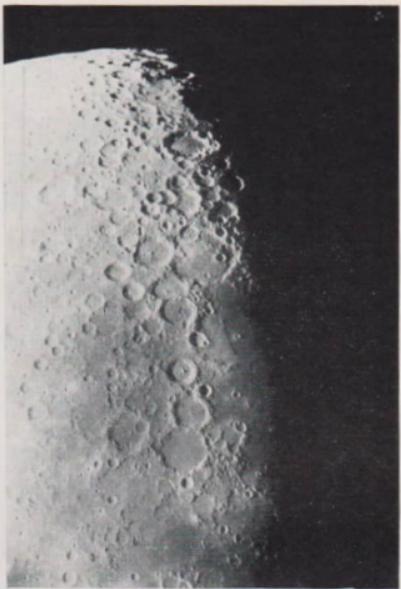




Abb. 1: Weitwinkelaufnahme (Südbereich der Gesamthimmelsüberwachung mit Nachführung) in der Nacht vom 10. zum 11. 8. 1980. Die Aufnahme wurde 46 min belichtet.

Zum Beitrag S. 182: Meteorbeobachtungen im August 1980.



Abb. 6: Diese nachgeführte all sky-Aufnahme entstand am Morgen des 17. 8. 1980. Wegen der parallaktischen Montierung wird nur der Nordhimmel abgebildet. Die Felder südlich des Äquators werden von zwei Weitwinkelkameras erfaßt (vgl. Abb. 1).

kann man direkt durch Eingreifen in fremde Gesellschaften deren Geschichte steuern, welche erkenntnistheoretischen und moralischen Probleme ergeben sich im Zusammenhang mit diesen Denkmöglichkeiten? Inwiefern ist der Mensch selbst in der Lage, noch aktiver und bewußter seine eigene Geschichte zu gestalten? Kann man mathematisierte Grundformeln und Theorien des Geschichtsprozesses aufstellen? Wie weit reichen die allgemeinsten Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, d. h. wie allgemein sind sie, gelten sie für jede Zivilisation?). Die aufgeworfenen Fragen beziehen sich weiter auf das Mensch-Natur-Verhältnis, das Mensch-Automat-Verhältnis, die Überwindung des Geozentrismus in verschiedener Hinsicht (Menschenbild, Wissenschaft), auf den Sinn wissenschaftlicher Forschung, auf das Verhältnis von Wissenschaft und Verantwortung. Diese oft miteinander sehr eng verbundenen weltanschaulich-philosophisch relevanten Fragen sollten hinsichtlich ihrer Widerspiegelung in entsprechenden Werken untersucht, Lösungsansätze und neuartige Fragestellungen hervorgehoben und diskutiert werden.

Anmerkungen

- 1 Weitere Ausführungen hierzu in [3], S. 123.
- 2 Eine ausführlichere Darstellung der hier angeschnittenen Probleme wie auch der Fragen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts wird in der Problemstudie zu politischen und ökonomischen Fragen der Raumfahrt enthalten sein.
- 3 Vgl. z. B. J. Kargarlikzki: Was ist Phantastik? Berlin 1977; Reise nach Utopia; Hrsg. W. Krauss, Berlin 1964; C. Ritter: Start nach Utopolis, Berlin 1978; Die Zukunft im theoretischen Denken, Berlin 1975.
- 4 Vgl. H. Horstmann: Über Denkbarrieren. In: Lichtjahr I, Berlin 1980.
- 5 Solche Bücher und Erzählungen sind z. B. S. Lem: Planet des Todes, Berlin 1956; ders.: Gast im Welt Raum, Berlin 1963; ders.: Eden, Berlin 1971; A. und B. Strugatzki: Mittags, 22. Jahrhundert, Berlin 1977; dieselben: Ein Gott zu sein ist schwer, Berlin 1975; dieselben: Die dritte Zivilisation, Berlin 1977; I. Jefremow: Das Mädchen aus dem All, Berlin 1965; O. Larionowa: Herausforderung zum Duell, Berlin 1980; F. Töpke: Regen auf Tyche, Berlin 1978; H. Rank: Ohnmacht der Altmächtigen, Berlin 1973; u. a., darunter solche von progressiven Autoren kapitalistischer Länder wie U. K. Le Guin; Winterplanet, Berlin 1979.
- 6 Solche Arbeiten, die sich aber nur z. T. auch auf Raumfahrt beziehen, sind z. B.: R. Fuhrmann; Genion, Berlin 1981; P. Lorenz: Homunkuli, Berlin 1978; A. Kröger: Die Marsfrau, Berlin 1981.
- 7 Vgl. dazu A. und B. Strugatzki: Die gierigen Dinge des Jahrhunderts, Berlin 1981, in dem sie sinngemäß ihren Helden in Konfrontation mit einer Welt, in der die Gegenstände die Menschen beherrschen und sie zu Menschen des „Genusses“ herabwürdigen, die Forderung stellen und ihn dafür Verbündete suchen lassen, den Menschen etwas zurückzugeben, das es wert mache, zu leben.

Literatur: [1] I. S. Schklowski: Über die mögliche Einmaligkeit vernunftbegabten Lebens im Weltall; In: Astronomie - Methodologie - Weltanschauung; Moskau

1979, S. 252-274. - [2] dieselbe Arbeit, leicht gekürzt; in: Sowjetwissenschafts-Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge 30 (1977), Heft 9. - [3] F. Gehlhar: Weltanschaulich-philosophische Fragen zur Erschließung des Kosmos (II); in: Astronomie in der Schule 15 (1979), Heft 6. - [4] Die Ideen K. E. Ziolkowskis und die Gegenwart; Moskau 1979. - [5] F. Gehlhar: Die Entwicklung in der Welt; in: Astronomie in der Schule 15 (1978), Heft 4. - [6] ders.: Kosmos und Entwicklung III, Entwicklungskriterien; in: Astronomie und Raumfahrt 18 (1980), Heft 6. - [7] D. B. Herrmann: Besiedelt der Mensch das Weltall? In AuR 19 (1981), Heft 4.

Aspekte zum Fernrohr-Montierungsbau

WOLFGANG ROLOFF

Nach dem Bau und der Inbetriebnahme einer Fernrohrmontierung soll hier ein gangbarer Weg zur Lösung dieser komplexen technischen Aufgabe gezeigt werden. Entsprechend den aus der Arbeit mit leichten parallaktischen Montierungen gewonnenen Erfahrungen wurde folgende Konzeption zu Grunde gelegt:

- Beschränkung auf das mit zugänglichen technischen Hilfsmitteln Erreichbare.
- Größtmögliche Einfachheit der Bauelemente, sowohl in der Form, als auch in der Anzahl.
- Bemessung der Montierung nach den gegebenen Aufstellungsmöglichkeiten und den Abmessungen der Beobachtungsinstrumente.
- Funktionsfähigkeit bei ausreichendem Bedienungskomfort.
- Dauerhafte, gemeinsame Montierung der wesentlichsten, vorhandenen Beobachtungsinstrumente.
- Wahrung der im Fernrohrmontierungsbau bewährten Konstruktionsprinzipien.

Die sich bei einem Kombinationsinstrument teilweise widersprechenden Anforderungen, die aus dem Verbund kurz- und langbrennweiter, fotografischer Kameras mit langbrennweiten, visuellen Fernrohren herrühren, ließen sich am günstigsten durch den Bau einer Kniestellung lösen. Neben dem in jeder Fernrohrlage zugänglichen Einblick in die Instrumente besitzt diese den Vorteil der Umlegungsfreiheit bei Sternfeldaufnahmen um das Zenit. Die Kniestellung bietet gute Möglichkeiten bei der Verwirklichung der bereits angegedeuteten Konstruktionsprinzipien einer Fernrohrmontierung:

- Die Montierung soll nicht höher sein als zur Handhabung der Instrumente notwendig ist.
- Der Schwerpunkt der Montierung soll zur Erlangung einer guten Standfestigkeit ebenso wie aus schwingungsmechanischen und statischen Gründen möglichst tief liegen.
- Die Auflagepunkte des Stativfußes sollen das Gewicht gleichmäßig aufnehmen und dabei möglichst weit auseinander liegen.
- Alle Bauteile sind in ihrer Form einfach, ihrer jeweili-

gen Funktion entsprechend genau und aus geeignetem Material herzustellen.

- Mechanische Lockerstellen sollen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Hierzu gehören Verschraubungen, Lagerungen und Klemmungen, die mit den Mitteln des Amateuren häufig nicht genau genug herstellbar sind.

- Alle hochgelegenen oder peripher angeordneten Bauteile sollen möglichst leicht sein, der periphere Abstand ihrer Schwerpunkte ist auf das Minimum zu begrenzen – dies ergibt eine gedrängte Anordnung aller Bauteile.

- Die tragenden Teile sind biege- und verwindungssteif auszulegen. Rohre und Kastenprofile sowie I- und J-Profilen sind besonders für die Säule und Teile des Polkopfes gut geeignet.

- Die Beobachtungsinstrumente sollen in sich balanciert sein, jedes zusätzliche Ausgleichsgewicht setzt die Stabilität der Montierung herab und deckt konstruktive Mängel auf. Ausnahmen sind bei der Verwendung austauschbarer Zusatzgeräte schwer zu umgehen.

- Werkstoffe mit geringem Elastizitätsmodul und guten Dämpfungseigenschaften haben im Montierungsbau den Vorrang.

Anhand des Bildmaterials ist dem Leser eine Einschätzungs möglichkeit zu meiner Montierungskonstruktion gegeben (s. Bild-S.).

Die Säule

Die aus dem professionellen Montierungsbau bekannte Säule in Graugulauführung (Elastizitätsmodul $1,1 \times 10^6 \text{ kp/cm}^2$) ließ sich nicht verwirklichen. Trotz der schwingungsmechanischen Nachteile von Stahl (Elastizitätsmodul $2,1 \times 10^6 \text{ kp/cm}^2$) mußte aus technologischen Gründen zu diesem gegriffen werden; so entstand die Säule zunächst als verschweißter Stahlgitterkörper aus 8 mm Rundstahl, in der Absicht, diesen zum Stahlbetonhohlkörper weiterzuverarbeiten. Tiefergehende Einblicke in die Eigenschaften derartiger Konstruktionen unterbrachen diese Arbeit und ließen den Stahlgitterkörper zum „Modellierungsergebnis“ für die nun erfolgende ganzflächige Ummantelung mit 6 mm starkem Stahlblech werden. Die dreidimensional zu treibenden Stahlblechsegmente wurden nach Papierabschläben geschnitten und anschließend miteinander verschweißt. Die außerordentliche Stabilität der fertigen Säule, die in ihrem Inneren ein dickwandiges Zentralrohr als fünften Abstützpunkt und ein einfaches Entlastungssystem zur Entlastung des Kniestücks besitzt, zeigt, daß es durchaus unkritisch sein kann, eine Säule aus Stahl aufzubauen, wenn die wesentlichsten der oben aufgeführten Kriterien beachtet werden.

Vier kurze Justierschrauben (28 mm Ø), deren Muttern mit dem schweren Basisring verschweißt wurden, dienen der exakten Ausrichtung der Säulen. Die Montierung steht auf einem Mauerfeiler ohne Kontakt zum Fußboden der Station, so daß vom Beobachter verursachte Schwingungen nicht zum Beobachtungsinstrument gelangen können.

Zum Nachbau der Säule ist angesichts des sehr großen Arbeitsaufwandes nicht zu raten. So

hätte der Stundenachsenträger, einer der hinteren Achstrichter eines Traktors, durchaus einer niedrigeren, der geographischen Breite des Beobachtungsorts entsprechend abgewinkelten Stahlgitterkonstruktion, aufgesetzt werden können – mit einem Verlust an ästhetischem Reiz vermutlich, doch brauchbar.

Die beiden Hauptachsen

Der bereits benannte Stundenachsenträger bot sich bei der Materialsuche auf einem Schrottplatz – nahezu die einzige Materialquelle die genutzt wurde – als geeignet an, da sowohl Achse (technisch richtiger: Welle) als auch Lager enthalten waren. Die große Masse dieser 85 mm starken Vollwelle wurde durch den Austausch gegen eine Hohlwelle gleicher Abmessungen eliminiert, auch diese besitzt eine geringe Durchbiegung, aber eine viel geringere Masse.

Währenddem die Lager der Stundenachse Kegelrollenlager (nördliches, oberes Lager) und Kugellager (südliches, unteres Lager) sind, wurden zur Lagerung der Deklinationsachse nur Kugellager verwendet, die zur Erlangung volliger Spielfreiheit durch axialen Andruck der Lagerdeckel verspannt sind. Die Formschlüssigkeit des axial allein tragenden Kegelrollenlagers der Stundenachse geschieht automatisch durch das, trotz angestrebter Leichtbauweise, doch immer noch recht hohe Gewicht von ca. 150 kp der beweglichen Teile, einschließlich der optischen Instrumente.

Seriengemäß gefertigte Kugellager besitzen eine sehr hohe Genauigkeit, die man bei eigenen Ersatzkonstruktionen nicht erreichen kann. Stundenachse und Deklinationsachse sind über einen kreisrunden, 12 mm dicken Stahlsteller, dem das Lagergehäuse der Deklinationsachse aufgeschraubt ist, miteinander verbunden. Der Umkreis des Stahlstellers, von 1272 mm Länge, trägt die Stundenteilung.

Der Stundenachsenantrieb

Diese für die Qualität einer motorisch angetriebenen, parallaktischen Fernrohrmontierung mitentscheidende Baugruppe, ist unter Verwendung seriengemäßer Bauelemente, wie Antriebsmotor, Lager, Zahnräder, bis zu diesen noch verhältnismäßig einfach zu erstellen, doch hängt die Nachführungsgenauigkeit im höchsten Maße ab von zwei Bauteilen, dem Stundenrad und seiner Schnecke. Beide Teile müssen, wie einfache Rechnungen zeigen, mit sehr hoher Genauigkeit gefertigt sein, anderenfalls wird man im Besonderen als fotografisch beobachtender Sternfreund seiner Arbeit am Fernrohr nicht froh. Die ständig notwendigen Korrekturen der Nachführung ermüden den Beobachter schnell

und lassen das Pointieren zur Hauptbeschäftigung am Fernrohr werden. Bei der Verwendung eines solchen Antriebssystems ist es unumgänglich, nach einem guten Schneckenrad Ausschau zu halten und die Hilfe einer Qualitätsverzahnungen ausführenden Werkstatt ist, wenn auch teuer, so doch notwendig.

Neben der Zahnezahl benötigt der Mechaniker die Angabe des Moduls. Beide Zahlen stehen nur bei der richtigen Angabe des Durchmessers des Schneckenrades im ganzzahligen Verhältnis.

$$\text{Kopfkreisdurchmesser} = \text{Modul} \times \text{Zahnezahl} + 2 \text{ Modul}$$

Die Kenntnis des Kopfkreisdurchmessers ist wesentlich bei der Herstellung des Drehrohlings und für die Dimensionierung des Schneckenstuhls. Zweckmäßige Teilungen ergeben sich bei Moduln von 0,5 — 1,0. Der Modul 1,0 entspricht einer Teilung, also einem Zähneabstand, von 3,14 mm.

Wesentlich ist es, die Schnecke in den Abmessungen des schneidendem Teils des Fräisers zu bestellen, da nur so eine flächenhafte Mitnahme des jeweiligen Zahnes des Schneckenrades erfolgt, kleinere Ungenauigkeiten gleichen sich so besser aus.

Die Lagerung der Schnecke ist mit größtmöglicher Genauigkeit auszuführen, zusätzlich sind Justiermöglichkeiten zur axialen und radialen Verstellung notwendig, um den Justierbedingungen gerecht werden zu können:

- richtiger Achsenabstand zwischen Schneckenrad und Schnecke zum optimalen, spielfreien Eingriff des Schneckengangs
- sauberer Eingriff des Schneckengangs in das Schneckenrad, d. h. ebenflächige Anordnung der Schneckenachse in der Zentralebene der Schneckenradverzahnung.

Sind beide Teile richtig justiert eingebaut, so erfolgt das Miteinandereinschließen von Schnecke und Schneckenrad zur Behebung kleinerer Oberflächenungenauigkeiten. Hierzu wird eine motorische Antriebsquelle benötigt, die ohne Übertragung von Schwingungen die Schnecke in schnelle Umdrehungen versetzt. Bewährt haben sich Provisorien aus Bohrmaschinen und einem Stück Gartenschlauch als schwungsdämpfendem Verbindungsstück. Als Schleifmittel eignet sich eine Mischung von Öl und feinem Schleifpulver, die in noch mäßig flüssiger Konsistenz hergestellt wird. Während des Einschleifens beachtet man die Schleifgeräusche und stellt gegebenenfalls die Schnecke mit den Justierschrauben noch radial nach. Die Schleifdauer ist abhängig von der Schleifgeschwindigkeit, der Oberflächenqualität der Ver-

zahnung und dem Material, feines Schleifpulver vorausgesetzt. Sind Schleifgeräusche und Schliffbild gleichmäßig, so wird der Antrieb demontiert und songfältig gereinigt. Der ganze Vorgang ist gegebenenfalls zu wiederholen, doch darf eine starke Abnutzung der Schnecke nicht eintreten. Teilungsfehler des Stundenrades lassen sich auf diese Weise nicht beheben. Die Berechnung des Zwischengetriebes ist bei vorhandenem Getriebemotor und dem Stundenrad, unter Verwendung der gegebenen Größen, einfach und besteht in der Auflösung der Bedingung nach Z_4 .

Sowohl Z_1 als auch Z_3 sind bei der Auflösung der

$$\frac{1}{1436 \text{ min}} = \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4} \frac{1}{\text{min}}$$

Es bedeuten:

$\frac{1}{1436 \text{ min}}$	Drehzahl der Stundenachse pro Sternstag
Z_1	Untersetzungsverhältnis des Schneckenradgetriebes
Z_2	Untersetzungsverhältnis des Zwischengetriebes
Z_3	
Z_4	
$\frac{1}{\text{min}}$	Drehzahl der Getriebemotorenstufe

Gleichung zweckmäßigerweise mit 1 zu belegen, was für Z_1 der realen Zahnezahl der Schnecke entspricht, im Falle Z_3 ist eine spätere Erweiterung erforderlich, da es ja ein Stirnrad mit nur einem Zahn nicht gibt. Der unter den aufgezeigten Bedingungen gefertigte Antrieb läuft befriedigend und lässt, bei vertretbarem Korrektionsaufwand, Dauerbelichtungen mit Kameras bis zu 60 cm Brennweite zu. Ein der Umdrehungszahl der Schnecke entsprechendes Pendeln von 15'' in der Stunde, wird durch wahlweises Einschalten höherer und niedrigerer Frequenz über den Drucktaster ausgeglichen.

Die Klemmung des Stundenrades erfolgt durch axialem Andruck von zwei Schrauben, die gleichmäßig mittels eines kräftigen Kipphabels auf das Stundenrad wirken, gleicht also im Prinzip einer leicht zu lösenden Rutschkupplung.

Grob- und Feinbewegung in Deklination

Im Ausblick auf die weitere Ausbaufähigkeit der Montierung, in diesem Fall der motorisch betriebenen Grob- und Feinbewegung, wurde ein Schneckenradantrieb als Hauptbestandteil der Deklinationsbewegung gewählt. Das Schneckenrad ist mit dem Gehäuse der Deklinationsachse fest verbunden und wird von der an der Fernrohrwiege befestigten Schnecke umlaufen, wobei naturgemäß die Bewegung in Deklination geschieht. Die Drehung der Schnecke erfolgt zur Grobverstellung direkt durch eine in Okularnähe angebrachte Handkurbel, Feinbewegungen las-

sen sich an einem im Untersetzungsverhältnis 1:8 mittelbar eingreifenden Handräddchen ausführen. Diese Vorrichtung läßt sowohl eine sehr zügige, als auch eine gute Feineinstellung zu. Die Bauteile sind Bestandteil kleiner Handkurbelschleifmaschinen.

Allgemeine Hinweise und Schlußfolgerungen

Durch eingehendes Studium von Literatur und Bildmaterial, mehr aber durch Konsultation von erfahrenen Fernrohrbauern lassen sich einige Kenntnisse zu dem hier nur bruchstückhaft dargestellten umfangreichen Gebiet gewinnen.

Ernstlich kann man an den Bau einer schweren Montierung nur dann denken, wenn auch die materiellen Voraussetzungen geschaffen werden können, das betrifft sowohl den Zugang zu einer gut ausgestatteten Werkstatt der Metallbearbeitung, als auch das nicht viel geringere Problem der Materialbeschaffung. Die Ausbildung bzw. Einarbeitung in einen metallbearbeitenden Beruf oder die Mithilfe engagierter Handwerker sind unabdingbar. Arbeitsmittel, wie Meßzeuge, einfache Handwerkzeuge, Bohrmaschine, Gewindeschneidewerkzeuge, Schweißgerät und Drehmaschine werden unablässig benötigt und verlangen sachgemäße Bedienung sowie Kenntnis der Arbeitsschutzbestimmungen. Es zeigt sich, daß zahlreiche Bauteile einer Fernrohrmontierung bereits in ähnlicher Form an völlig artfremden Maschinen, vorwiegend verschrotteten Landmaschinen, vorkommen und somit Halbfertigfabrikate darstellen, deren Umarbeitung relativ geringen Aufwand erfordert. Im speziell hier dargestellten Fall wurde auf eine komplekte Bauzeichnung verzichtet, statt dieser wurden zahlreiche, einfache Handskizzen auf dem Weg von den schweren, elementarsten Bauteilen zu den kleineren angefertigt. In dieser Weise kann man sich flexibler der jeweiligen Situation anpassen und kommt bei geschickter Kombination schneller an das Ziel.

Zum Bau der hier vorgestellten Kniemontierung waren ca. 500 Arbeitsstunden erforderlich, die in mehr als drei Jahren geleistet wurden. Die optische Ausstattung des Kombinationsinstruments übersteigt an sich das Arbeitsvermögen eines Einzelbeobachters, läßt indessen den Einsatz sämtlicher, wesentlicher Instrumente je nach Beobachtungsaufgabe und Bedingungen schnell und problemlos zu. Das vorwiegend fotografisch benutzte Instrumentarium lieferte bereits zahlreiche Sternfeldaufnahmen in Schwarz-weiß und Farbe die neben rein ästhetischen Zwecken auch sensitometrischen und kartographischen Aufgaben dienten.

Im Beitrag wollte ich Anregungen geben, aber auch einige der Klippen des Montierungsbau-

aufzeigen. Sternfreunde, die gern an leistungsfähigen Instrumenten beobachten möchten, werden zunächst prüfen, ob die aktive Mitarbeit an einer der bestehenden Volkssternwarten nicht schneller zum Ziel führt, bevor sie sich an den Eigenbau wagen. In der Regel ist dann doch das Beobachten der Zweck und der Instrumentenbau ein Mittel zu diesem.

Literatur: Friedrich - Tabellenbuch Metall, VEB Fachbuchverlag Leipzig 1975. - Ziegler, H.: Konstruktive Grundlagen des Montierungsbau. In „Astro-Amateur“. Schrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, 1962.

Halobeobachtungen aus häufigkeitsstatistischer Sicht

Ein erster Überblick

GERHARD STEMMER

Für den Beobachtungsort Oelsnitz (Erzgebirge) gelten die geographischen Koordinaten $\varphi = 50^{\circ}45' N$ und $\lambda = 12^{\circ}40' E$.

Die Stadt liegt ca. 400 m über NN.

Lage: 20 km südwestlich der Bezirkshauptstadt Karl-Marx-Stadt; knapp 40 km nordnordwestlich des 1214 m hohen Fichtelberges, der höchsten Erhebung der DDR; am Nordrand (Ausläufer) des Erzgebirges.

Sehr günstig für die Halobeobachtungen in Oelsnitz ist der Umstand, daß mein Standort eine relativ freie Lage hat, und folglich von ihm aus genügend Umschau gehalten werden kann. Ich begann im Jahre 1949 mit der sporadischen Beobachtung von Haloerscheinungen. Systematische Beobachtungsreihen liegen jedoch erst ab 1953 vor. Obwohl ich mich immer bemühte, möglichst alle diese Erscheinungen an Sonne und Mond zu erfassen, sind mir verständlicherweise einige Halophänomene entgangen. Die Gründe hierfür dürften auf der Hand liegen. Da aber diese „Beobachtungslücken“ sicherlich gleichmäßig über den gesamten Berichtszeitraum von 1953 bis 1979 verteilt sind, ändert sich an den folgenden häufigkeitsstatistischen Feststellungen bestimmt nichts Wesentliches.

Da nun schon die Statistik des Jahres 1979 sehr aussagekräftig und recht informativ ist, sei sie ungetürtzt wiedergegeben.

Alle Unterlagen lassen in häufigkeitsstatistischer Sicht einige Ergebnisse erkennen:

Im Zeitraum von 1953 bis 1979 (27 Jahre gleich 9861 Tage) wurden von mir an insgesamt 2395 Tagen Halo-Erscheinungen an Sonne und Mond beobachtet. Über jede dieser Halobeobachtung liegt ein kurzer schriftlicher Bericht vor. Demzufolge ergeben sich am Beobachtungsort im

Monat	Zahl der Tage mit Halo-Erscheinungen im Jahre 1979	Halo-Erscheinungen 27jähriges Mittel (1953-1979)		
Januar (Min.)	5	16 %	7,1	23 %
Februar	10	37	7,3	26
März	12	39	8,7	28
April	10	33	9,3	31
Mai	12	39	8,5	27
Juni	11	37	6,7	22
Juli	6	19	7,0	23
August	12	39	7,9	25
September	12	40	6,2	21
Oktober (Max.)	15	48	7,6	25
November	7	23	6,3	21
Dezember	8	26	5,6	18
Jahr 1979	120	33 %	88,7	24,3 %

Mittel 89 Tage (24 %) pro Jahr, die mit einer oder mehreren Haloerscheinungen belegt sind. Die Monate April mit $\approx 31\%$ Halo-Tagen und März und Mai mit etwa 28 bzw. 27 % zählen zu den „haloreichsten“ Monaten eines Jahres. Der Dezember mit rund 18 % Halo-Tagen ist dagegen der „haloärmste“ Monat. Ihm folgen die Monate November und September mit je 21 %. Aufschlußreich ist auch eine Zusammenstellung darüber, welcher Monat in den vergangenen 27 Jahren der „haloreichste“ Monat war:

Januar	2mal (1968, 1971)
Februar	3mal (1955, 1960, 1967)
März	3mal (1959, 1968, 1978)
April	8mal (1954, 1961, 1962, 1963, 1964, 1970, 1975, 1977)
Mai	3mal (1958, 1968, 1969)
Juni	1mal (1965)
Juli	2mal (1953, 1956)
August	3mal (1966, 1973, 1974)
September	1mal (1957)
Oktober	3mal (1968, 1970, 1979)
November	0mal —
Dezember	1mal (1972)

Dabei variieren die maximalen Werte von 9 Halo-Tagen im Monat (1954) bis zu 19 Halo-Tagen (1963). In obiger Zusammenstellung kann ein Jahr auch 2 oder 3 Monaten zugeordnet sein!

Zu den „haloreichsten“ Jahren zählten 1955 mit 129, 1979 mit 120 und 1970 mit 108 Halotagen. Als die „haloärmsten“ Jahre zeichneten sich 1976 mit 58 und 1953 mit 52 Halotagen aus.

Zur Aufzeichnung und Auswertung von Halo-Beobachtungen wurde 1979 ein Ziffernschlüssel erarbeitet, mit dem nicht nur schnell ein besserer Überblick gewonnen werden kann, sondern auch jeder Beobachter in die Lage versetzt wird, eine eindeutige Zuordnung nach ganz bestimmten Auswertungsgesichtspunkten vorzunehmen. Dieser Schlüssel soll aber keinesfalls die verbalen Aufzeichnungen ersetzen. Sie bleiben nach wie vor unerlässlich.

Abschließend nun das Schlüsselschema mit einigen Hinweisen über die Bedeutung der ver-

wendeten Ziffern in den fünf Gruppen für die Ver- und Entschlüsselung bei der Beobachtung von Halo-Erscheinungen.

Schema: KKAAA JMMTT ZZZZD ttBIO EEHFV

- 1. Gruppe:** KK Kennzahl des Beobachters
AAA Nummerierung der Halotage im Beobachtungsjahr
- 2. Gruppe:** J Letzte Ziffer vom Beobachtungsjahr
MM Monat
TT Tag
- 3. Gruppe:** ZZZZ Beobachtungszeit in MEZ (Beginn)
D Beobachtungsdauer
- 4. Gruppe:** tt Temperatur zu Beginn der Beobachtung
B Bewölkung
I Instrument
O Objekt (Sonne, Mond, Planet, Stern)
- 5. Gruppe:** EE Art der Halo-Erscheinung (Klassifizierung wird von 01 bis 50 durchgeführt)
H Helligkeit
F Farbe
V Vollständigkeit

In folgenden werden noch einige Erläuterungen zu den Positionen im Schlüssel gegeben, die inhaltlich nicht so ohne weiteres überschaubar sind. Es handelt sich dabei vor allem um die Positionen „B“ und „I“ in der 4. Gruppe.

Es bedeuten bei „B“:

- 1 klar
- 2 Dunst oder Nebel
- 3 Wolkenschleier
- 4 bewölkt
- 5 stark bewölkt
- 6 Ca unter 45°
- 7 Ca über 45°
- 8 Ca den ganzen Himmel bedeckend

Es bedeuten bei „I“:

- 0 ohne Instrument, also mit bloßem Auge beobachtet
- 1 „schwarzer Spiegel“ benutzt

In einem Beitrag von Günter Archenhold in „Gelands Beiträge zur Geophysik“, Band 53 (1938) wird die Beobachtung von Halos mit einem konvex geschliffenen schwarzen Spiegel beschrieben. Ein größeres Uhrglas wird von innen mit einer schwarzen Lackschicht versehen. Der Halo erfährt dadurch eine Kontrastverstärkung und wird so auch bei einer schwächeren Erscheinung für einen Beobachter sichtbar.

2 Halo-Erscheinung photographiert
Siehe F. Frey: Zur Photographie der Halo-Erscheinungen. „ORION“, 77, S. 210 (1962).

Über weitere Einzelheiten geben sowohl Herr André Knöfel, 1500 Potsdam, Anton-Fischer-Ring 96, der Leiter der Sektion „Halobeobachtungen“ in der DDR, als auch der Verfasser dieses Beitrages gern Auskunft.

An Hand eines Beispiels möchte ich nun das Arbeiten mit diesem Schlüssel einmal demonstrieren. Ich verwende dazu die erste Halobeobachtung im Jahre 1980.

Aufzeichnung:

02001 00104 15551 94601 08201

Im Klartext heißt das nun:

1. Gruppe: Beobachter Stommel, erste Halobeobachtung in laufenden Jahr
2. Gruppe: 1980, Januar, 4.
3. Gruppe: 15.55 MEZ, weniger als eine Stunde beobachtet
4. Gruppe: -6°C (bei negativen Werten wird der Betrag der Temperatur von 100 subtrahiert), Cs unter 45° , ohne Instrument, Sonnenhalo
5. Gruppe: obere Lichtsäule, gut sichtbar, weiß, unvollständig

Da systematische und langjährig durchgeführte Beobachtungsreihen von Halo-Erscheinungen eine zuverlässige Grundlage für weitergehende Untersuchungen, die zu neuen Einblicken in klimatologische und meteorologische Zusammenhänge führen können, darstellen, sind weitere Beobachter stets willkommen.

Meteorbeobachtungen im August 1980

I. und J. RENDTEL

Astronomische Arbeitsgemeinschaft

„B. H. Bürgel“, Potsdam:

Die „Perseiden 1980“ führten uns zum siebenten Mal nach Schmargendorf. Diesmal hatten wir außer unseren Mitgliedern auch Gäste, die sich an visuellen Beobachtungen beteiligten. Vom 8. bis 18. August dauerte das Unternehmen. In nur sieben Beobachtungen konnten bei teilweise sehr guten Bedingungen (Abb. 1, s. Bild-S. IV) 1338 Eintragungen zu 1064 verschiedenen Meteoren gemacht werden; Höhepunkt war das Perseidenmaximum (11.—12. 8.) mit einer auf $6^{\text{m}}5$ reduzierten Rate von 350 Meteoren pro Stunde. Auf den Filmen konnten bereits 15 Erscheinungen gefunden werden.

Die Parallelbeobachtungen von Potsdam waren weniger ertragreich, da die Sternfreunde beim Kampf mit den Mücken nicht so hartnäckig blieben, wie die ebenfalls arg geplagten „Schmergower“. So war z. B. das Basisexperiment zur Höhenbestimmung nur relativ kurze Zeit in Betrieb und blieb ohne positives Ergebnis.

Astronomischer Jugendclub (AJC) der Archenhold-Sternwarte Berlin:

Im Rahmen der astronomiehistorischen Exkursion des AJC nach Mecklenburg stand auch die Perseidenbeobachtung auf dem Programm. In der Zeit vom 4. bis 17. 8. beobachteten sieben Mitglieder unter ausgezeichneten Bedingungen an verschiedenen Orten (z. B. Schwanbeck, Cammin und Qualitz). Lediglich der Frühnebel wirkte sich gelegentlich negativ aus.

Das Perseidenmaximum konnte nicht beobachtet werden. Auch die Meteorfotografie, z. T. mit mehreren Kameras, blieb ohne Erfolg.

Die Perseiden waren auch für die junge Fachgruppe Astronomie in Oberweißbach Anlaß für eine Reihe guter Beobachtungen. Wie in den vergangenen Jahren kamen dazu schließlich noch Ergebnisse von einzelnen beobachtenden Amateuren, die in der Übersicht erfaßt sind. Dabei stellte sich erneut die bessere Auswertbarkeit des Materials der Gruppen heraus. Aufgrund der weitaus größeren Anzahl registrierter Meteoren lassen sich über die Aktivität kleinerer Ströme sichere Aussagen treffen (s. Abschn. 2). Durch Doppelteintragungen mehrerer Beobachter werden darüber hinaus Einschätzungen der Qualität von Meteorbahnen möglich (vgl. AuR 3/80, S. 87f.).

Die ausführlichen Daten wurden den Mitgliedern der AGr Meteore bereits zugänglich gemacht. Es sollen im weiteren hier einige Ergebnisse sowie Besonderheiten der Beobachtungen dargelegt werden.

Angaben zu Meteorströmen

Im August sind außer den Perseiden noch eine ganze Reihe anderer Ströme aktiv. Für Anfänger ist eine Zuordnung natürlich schwierig, aber selbst nach einigen Jahren ist nicht immer bei der Beobachtung selbst die Stromangabe möglich. 1980 wurden daher Angaben aus Bahneneintragungen auf den Karten gewonnen, wobei Meteoren folgender Radianten gefunden wurden (vgl. Tab. 2).

Die letzten zwei Radianten scheinen ziemlich fraglich zu sein. Für einige andere müßte noch mehr Material vorliegen, um Aussagen über

Abb. 2: Beobachtete Meteoraktivität (Gesamtmaterial). Die stündlichen Raten sind auf eine Grenzhelligkeit von $6^{\text{m}}5$ reduziert; die Perseidenrate zusätzlich für den Zenitstand des Radianten berechnet (ZHR).

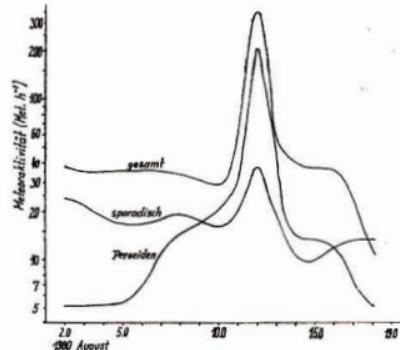


Tabelle 1: Beobachtungsergebnisse August 1980

Beobachter	Gruppe	Zeitraum	Teff	Nächte	Meteore
1. Beobachtergruppen					
Dohrmann, M., Eichhorn, I., Guhl, K., Hinz, D., Knöfel, A., Krüger, G., Wünsche, N.	AJC Berlin (Exkursion)	4.—17. 8.	15.55 h	7	686
Fichttmüller, G., Koch, M., Stein, P., Bogott, F., Heinrich, B., Knöfel, A., Rendtel, J., Zenkert, A.	FG Oberweißbach AG Potsdam (Potsdam)	2. 8.—17. 8. 1. 8.—14. 8.	20.81 h 6.93 h	7 4	382 84
Hinzpeter, R. (Rostock) Kaatz, A., Rendtel, A., Rendtel, J., Seifert, H. (Radebeul), Töpfer, T.	AG Potsdam (Schmargow)	10. 8.—18. 8.	30.20 h	7	1064
2. Einzelbeobachter					
Bigalke, H.-J.	Magdeburg	9. 8.—10. 8.	2.20 h	1	16
Eichhorn, I.	Güstrow	17. 8.	1.10 h	1	5
Kalauch, Kl.-D.	Annahütte	2. 8.—11. 8.	3.60 h	2	44
Kirsch, K.	Jena (Beob. in Upice)	6. 8.—17. 8.	19.50 h	7	241
Mau, K.-H.	Wegleben	9. 8.—10. 8.	2.10 h	1	19
Morgner, U.	Falkenstein	3. 8.—18. 8.	13.40 h	6	135
Walther, J.-U.	Stolberg	1. 8.—14. 8.	5.01 h	5	96

Aktivität und spezielle Eigenschaften zu machen. Wie unsicher Angaben der Mittelwerte von Helligkeit und Winkelgeschwindigkeit sind, soll die Abb. 3 verdeutlichen, wo zu den Werten die wahrscheinlichen Fehler eingetragen sind. Die Perseiden mit vielen hellen Erscheinungen haben eine um etwa $0^{\text{m}}5$ größere mittlere Helligkeit, sind aber nur unwesentlich schneller als die sporadischen Meteore (die die Stufe 3.03 aufweisen; vgl. Aur 2/79, S. 47). Die α -Cygnyden unterscheiden sich nur unwesentlich von den sporadischen, und aufgrund der geringen Anzahl ist eine zuverlässige Aussage über Eigenschaften z. B. der Cepheiden nicht möglich. Die Abb. 4 zeigt für sporadische Meteore sowie drei Ströme im August die beobachteten Helligkeitsverteilungen. Die hellen Perseiden fallen deutlich auf, während die Nördl. δ -Aquariiden einen hohen Anteil schwacher Erscheinungen aufweisen. Diese Ergebnisse stammen von den Beobachtern in Schmargow, die eine mittlere Grenzhelligkeit von $5^{\text{m}}58$ verzeichneten. Daß

außer der Grenzhelligkeit auch noch andere Faktoren die Ergebnisse beeinflussen, verdeutlicht der Vergleich der Helligkeitsverteilungen verschiedener Gruppen (Abb. 5). Trotz besserer Bedingungen ($m_{\text{gr}} = 5.90$) wurden von den Beobachtern der AJC-Exkursion weniger schwache Meteore registriert. Als Ursachen kommen in Frage:

– *geringe Konzentration*: (Tagesprogramm und nächtliche Beobachtungen bei der AJC-Exkursion – dagegen nur Beobachtungen in Schmargow)

– *Beobachtungszubehör*: Auf der AJC-Exkursion wurden meist weiße Lampen verwendet, so daß eine Blendung eintritt und schwache Meteore übersehen werden. Mit zunehmender Aktivität wird die Adaption immer öfter gestört. Da sich das Empfindlichkeitsmaximum der Augen nachts ins bläulichere verschiebt (Purkinje-Phänomen), ist die Verwendung schwacher roter Lampen am günstigsten.

– *Zeitregistrierung*: In Schmargow wurde die

Tabelle 2:

	RA	D	n	\overline{m}	$\overline{\omega}$	Aktivität, Bemerkungen
Perseiden	46°	+58°	589	2.51	3.14	Max. 11./12. 8., ZHR 207, viele helle Meteore
α -Cygnyden	317°	+46°	185	3.19	3.04	sehr variable Aktivität, bis zu ZHR 25, bis 18. 8.
β -Cassiopeiden	14°	+63°				Per-Vorläufer, erste Augustwoche, ZHR 8
Pegasiden	340°	+25°				nur noch bis 4. 8., schnelle helle Meteore
\times -Cygnyden	289°	+55°	26	3.08	3.08	Aktivität gering, ZHR 5, nach 10. 8.
Cepheiden	308°	+64°	39	3.54	3.49	nach 7. 8., ZHR Aug. 16 etwa 5
Nördl. δ -Aquariiden	340°	+ 1°	56	3.44		treten noch bis Mitte August auf, ZHR 10
ι -Aquariiden	333°	-15°	15			sehr gering, ohne Maximum
α -Capricorniden	308°	-10°	16	2.60	2.31	Meteore langsam mit oft langen Bahnen, ZHR 5
σ -Cassiopeiden	6°	+53°	24	2.10	3.21	ab ZHR 4, kein Maximum
θ -Cygnyden	295°	+48°	15	3.07	3.13	ab 7. 8. vereinzelt, ZHR nicht über 3
Ursa Maioriden	160°	+60°	8			größeres Feld, unsicher
Draconiden	245°	+55°	12			nur einzelne Meteore, unsicher
Sporadische			301	3.17	3.03	für August übliche hohe Rate, 15—20 pro Stunde

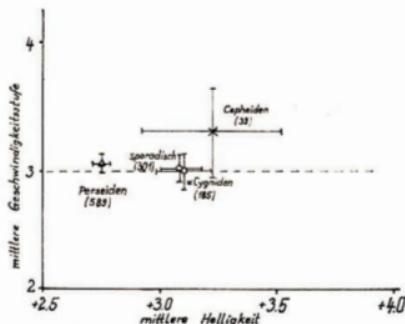


Abb. 3: Beobachtungen der Gruppe in Schmargow: Eigenschaften von Meteoren und deren Genauigkeit (wahrscheinlicher Fehler; in Klammern die Anzahl der Meteor). Die mittlere Geschwindigkeitsstufe (3.0) ist als Strichlinie markiert.

Zeit nicht nur vom Techniker angesagt, sondern gleichzeitig auch notiert. Somit sind in seinem Protokoll auch alle Mehrfachnotierungen festgehalten (Beispiel) und die Zeit auf Sekunden-Genauigkeit (Quarzuhren).

Als Bezugskurven werden die von Beobachtern der belgischen Vereinigung voor Sterrenkunde (VVS) unter idealen Bedingungen gewonnenen Daten verwendet (Abb. 5, pers. Mitt. P. Roggeman). Aus solchen Kurven können ferner für

Abb. 5: Relative kumulative Helligkeitsverteilungen der Perseiden und sporadischer Metore verschiedener Beobachtergruppen im August 1980.

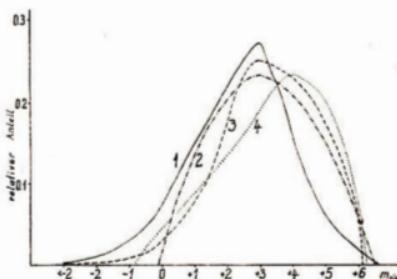
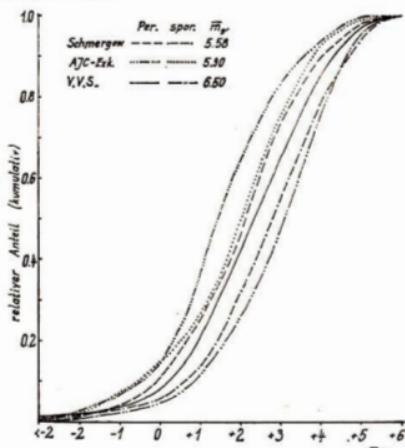


Abb. 4: Helligkeitsverteilungen von Meteorströmen (nur Gruppe in Schmargow).

- | | |
|--------------|-----------------------|
| 1 Perseiden | 3 Sporadische |
| 2 a-Cygniden | 4 Nördl. δ-Aquariiden |

die Einzelbeobachter charakteristische Parameter abgeleitet werden, die Aussagen über die Qualität der Helligkeitsabschätzungen ermöglichen. Diese Auswertungen geben nach längerer Zeit eventuell die Möglichkeit zu einem „persönlichen Korrekturfaktor“. Bedingung ist jedoch, daß erst einmal eine genügend große Menge von Meteordaten von jedem Beobachter vorliegt.

Weitere Ergebnisse

Die Auswertung der Filme war zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch nicht abgeschlossen. In Schmargow wurden u. a. 20 Kleinbildfilme belichtet. Die all sky-Aufnahmen, zum Teil nachgeführt (Abb. 6, s. Bild-S. IV) konnten bei den sehr guten Bedingungen bis zu einer Stunde belichtet werden. Obwohl die all sky-Aufnahmen vor Beginn der visuellen Beobachtung in der Dämmerung begonnen wurden und noch nach dem Ende liefen, ging z. B. eine -8m-Feuerkugel verloren. Grund: Gegen 3 Uhr erschien hochnebelartige Bewölkung und die Station wurde abgebaut – und 11 Minuten nach 3 Uhr erschien die Feuerkugel.

Durch einen Datenaustausch mit der Federation of European Meteor Astronomers (F. E. M. A.) ist es zunehmend möglich, Lücken in Beobachtungsreihen zu schließen.

Die Angaben zu Farben, Nachleuchterscheinungen und der Dauer werden in Zusammenhang mit der Auswertung anderer Ströme im Jahresverlauf analysiert.

Auch diesmal beteiligten sich Mitglieder der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“ aktiv an der sehr zeitaufwendigen Auswertung des Gesamtmaterials. Außerdem lief bei gutem Wetter „nebenbei“ das normale Beobachtungsprogramm mit ebenfalls ständiger Auswertung weiter.

Beispiel: 1980, August 11–12, Schmargow

Karte	Zeit				
	1	2	3	9	10
	11				22 h 08 m 19 s
11	12		20		08 21
12		14			08 31
13			17		09 32
		21			09 59
		22			11 10
		23			11 15
14		15			11 15
	13		18		11 54
		16			12 34
					12 34

Das Beispiel aus dem „Techniker-Buch“ zeigt, wie die zentrale Registrierung eine sichere Feststellung von Mehrfachnotierungen sowie eine genaue Zeitnahme ermöglicht. Da sich der Beobachter erst noch die Bahn einprägen kann, wird auch diese Eintragung genauer.

Berichtigung zu Heft 2 und 5/81

Heft 2, Umschl.-S. 3:

Die Aufnahme stammt nicht von einem AMS-Satelliten sondern von Landsat 1. – Das „Sunsat“-Projekt (S. 63) kostet 25 Mrd. (und nicht 25 Mill.) Dollar.

Heft 5, S. 134

sind im Titel Fernrohobjektive gemeint, der Bildsensor (S. 158) hat nur 64 000 Bildpunkte und auf S. 159 muß es unter „Juno ist keine Kugel“ heißen: In der Nacht vom ... wurde der Stern 9. Größe ... von Juno bedeckt. Schuld hin, Schuld her: Wir bitten um Entschuldigung!

Vorläufige Sonnenfleckenrelativzahlen Juli/August 1981

Tag	Juli	August	Tag	Juli	August
1	149	121	16	161	134
2	140	105	17	171	125
3	140	112	18	161	148
4	112	109	19	151	175
5	112	113	20	145	188
6	85	102	21	129	222
7	75	107	22	138	220
8	62	115	23	162	200
9	65	121	24	196	178
10	96	138	25	213	189
11	130	136	26	206	215
12	130	140	27	218	222
13	153	134	28	208	214
14	145	140	29	159	194
15	150	153	30	173	233
			31	126	201
		Mittel	144,2	158,2	

A. KOECKELENBERGH



Die Beobachtung von Kometen (V)

Monochromatische Beobachtungen

Die auffallendsten Teile eines Kometen, der Schwanz und die äußeren Teile der Koma sind Gebilde mit geringer Flächenhelligkeit. Ihre Erkennbarkeit setzt einen möglichst dunklen Himmel voraus, der heute freilich nur noch an wenigen Stellen anzutreffen ist. Die zunehmende Beleuchtung der Siedlungsgebiete wie auch der Verkehrs- und Industrieanlagen einerseits und die zunehmende Luftverschmutzung andererseits, die in ihrem Zusammenwirken eine stärkere Lichtstreuung zur Folge haben, führen selbst in beträchtlichen Abständen von größeren Städten zu einem erheblichen Anstieg der Himmelshelligkeit. Der dadurch verminderte Kontrast, definiert als das Verhältnis der Intensität des Kometen zur Intensität des Himmelsuntergrundes $I_{\text{Kom}}/I_{\text{Hgr}}$, würde selbst solchen glänzenden Erscheinungen wie der des Halleyschen Kometen im Jahre 1910 ein weit besseres Aussehen verleihen. Erfreulicherweise aber gibt es Beobachtungstechniken, mit denen man diesen Beschränkungen weitgehend begegnen kann.

Der größte Teil des Lichtes von Koma und Schwanz ist Emissionsleuchten, das nur in wenigen typischen Wellenlängen als Linien oder Bänder ausgestrahlt wird. Das störende irdische Hintergrundlicht dagegen stammt teils von Glühlampen mit kontinuierlichem Spektrum, teils von Lichtquellen, die vornehmlich Linien von Natrium, Quecksilber, Neon u. a. emittieren. Um deren Einfluß zu unterdrücken, verwendet man Filter, die Licht nur in einem gewünschten schmalen Wellenlängenbereich durchlassen, alle anderen Bereiche aber völlig absorbieren. Solche Filter werden als Interferenzfilter vom VEB C. Zeiss Jena mit einem Durchmesser von 50 mm hergestellt. Ihre Durchlaßbreite, gemessen als Wellenlängendifferenz der Halbwertsbreite liegt je nach Typ bei 4 bis 8 nm. Das Maximum der Durchlässigkeit hat man dann so zu wählen, daß es mit der Wellenlänge einer der intensivsten Banden zusammenfällt. Geeignete Banden sind die von CN um 388,3 nm und die Swan-Banden des C₂ um 474 nm, 516 nm und 563 nm.

Bei der Verwendung solcher Filter muß man allerdings einige ihrer Eigenschaften beachten, um zu optimalen Ergebnissen zu kommen. Die wichtigste ist, daß die Wellenlänge maximaler Durchlässigkeit nur für den senkrechten Licht-einfall gilt. Interferenzfilter sollen daher im parallelen Strahlengang, also vor dem Objektiv eines kurzbrennweiten Fernrohrs oder noch besser einer Kamera benutzt werden. Die Verwendung einer Kamera ist deswegen vorzuziehen, weil IF auch im Durchlässigkeitsmaximum beträchtliche Lichtverluste aufweisen, die man leicht durch längere Belichtungszeiten ausgleichen kann. Entscheidend ist schließlich das Kontrastverhältnis. Der Anteil I_{Hgr} kann durch ein Interferenzfilter bei kontinuierlichem Hintergrund in erster Näherung auf den Betrag

$$\frac{\Delta\lambda_{IF}}{\Delta\lambda_{Hgr}}$$

($\Delta\lambda_{IF}$ Bandbreite des Filters, $\Delta\lambda_{Hgr}$ Bandbreite des wirksamen Himmelshintergrundes; im photographischen Anwendungsfall ist dies die Breite des Empfindlichkeitsbereiches der Emulsion) gesenkt werden.

Da ein einzelnes Kometenband bis zu etwa 25 % der Gesamtstrahlung enthalten kann, der Bandbreitenquotient aber bei panchromatischen Emulsionen im Mittel 1/40 beträgt, wird die Kontraststeigerung etwa 0.25:1/40 = 10. Damit sind auch unter ungünstigen Streulichtverhältnissen Kometenaufnahmen möglich. Solche Aufnahmen haben überdies den Vorteil, daß man definierte Komponenten der Kometenstrahlung erfaßt, die z.B. den Nachweis bestimmter Moleküle und ihrer Lebensdauer gestatten und über weitere physikalische und kinematische Vorgänge informieren. Von besonderem Wert sind solche Aufnahmen, wenn sie in mehreren monochromatischen Bereichen nacheinander oder in einer Mehrkanalkamera (siehe AuR 1981/3) simultan gewonnen werden.

Reicht der Durchmesser der IF nicht aus, kann man bei Kameras größerer Öffnung für den speziellen Fall der CN-Bande 388.3 nm eine Kontraststeigerung auch durch Verwendung eines Glasfilters aus UV-durchlässigem Glas UG 2 vor der Emulsion erzielen. Solche Filter werden allgemein in der Dreifarbenphotometrie für die Abgrenzung des U-Bereiches benutzt. Dem Vorteil der Anwendbarkeit in beliebigen Systemen und der höheren Durchlässigkeit steht der Nachteil einer geringeren Kontraststeigerung im Vergleich zum IF gegenüber. Schwierig wird es allerdings, wenn man mit IF sehr ausgedehnte Objekte erfassen will. Dann durchsetzen nämlich die verschiedenen Bildanteile das IF in unterschiedlichen Neigungen,

wodurch sich das Durchlässigkeitsmaximum des Filters nach der kurzweligen Seite des Spektrums verschiebt und die monochromatische Kometenstrahlung u.U. nicht mehr durchläßt. Man soll daher keineswegs die schmalbandigeren Sonder-IF oder Doppel-IF verwenden, sondern die breitbandigeren aber meist höher durchlässigen einfachen IF-Typen. Im Bedarfsfall muß ein ausgedehntes Objekt durch mehrere in der Kamerarichtung versetzte Aufnahmen erfaßt werden. Die Größe des erfaßbaren Bereiches läßt sich nicht ohne weiteres angeben und muß im Bedarfsfall für das vorliegende IF durch Testaufnahmen oder vorherige Ausmessung bestimmt werden. (Einzelheiten zu diesen Fragen werden in einem Seminar behandelt werden, das für die Arbeitsgruppe Kometen und die Arbeitsgruppe Kleinplaneten im August 1982 in Apolda geplant ist).

Die Jahre 1980 und 1981 waren ausgesprochen arm an Objekten, die mit bescheideneren Mitteln zugänglich waren, weshalb in dieser Zeit wenige Kometennachrichten verschickt werden konnten. Der Statistik nach kann das in der kommenden Zeit nur besser werden, weshalb an dieser Stelle noch einmal daran erinnert werden soll, daß die Ephemeriden hellerer Objekte nach Einsendung adressierter und frankierter Umschläge an den Verfasser zugesandt werden. Die Ankündigung des geplanten Seminars wird in dieser Zeitschrift erfolgen.

ERICH BARTL

Hinweise zur binokularen Beobachtung

Angeregt vom Aufsatz „Binokulare Beobachtungen von Planeten“ von P. Darnell im „Kalender für Sternfreunde 1984“ erwarb ich vom VEB Carl Zeiss Jena einen binokularen Ansatz, um ihn am Refraktor 80/1200 und am Meniskus 150/2250 zu verwenden. Durch die Ablenkung des Strahlengangs um 45° wirkt er ähnlich wie ein Zenit-prisma. Die umgekehrte Bildorientierung bleibt jedoch erhalten.

Die Brennweite des Teleskops wird durch die in das System eingeordnete Barlowlinse um das 1,6fache verlängert. Da die Barlowlinse herausschraubar ist, kann auch mit der normalen Brennweite des Fernrohrs gearbeitet werden. Sollte bei einer evtl. vorhandenen starken Kurz- oder Übersichtlichkeit des Beobachters der Fokusierungsbereich nicht ausreichen, kann dieser durch Einfügung einer 1,3fachen Barlowlinse und eines 20 mm Zwischenstuzens erweitert werden, so daß noch relativ niedrige Vergrößerungen möglich sind.

Einige Hinweise zur Anbringung des Ansatzes:

a) an den Refraktor 80/1200 und 100/1000

An den vorhandenen Wechselring wird (bei Benutzung des Binokularansatzes mit Barlowlinse) ein Zwischenstuzen von 70 mm Länge angebracht, an dessen Ende der Ansatz angeschraubt wird. Nach seinem Einsetzen in die Wechselvorrichtung werden zwei gleiche Okulare eingesteckt, der Auszug nach innen geschoben und geklemmt. Dann erfolgt die Herstellung des Balancier-

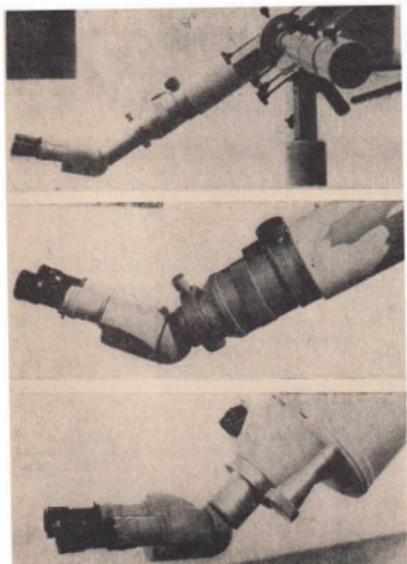


Abb. 1: Amateur-Fernrohr 80/1200 mit binokularem Ansatz und 1,6facher Barlowlinse auf T-Montierung (oben). Ansatz ohne Barlowlinse am Refraktor 80/1200 (Mitte). Binokularer Ansatz am Meniskas 150/2250 mit 1,3facher Barlowlinse.

Ansatz um beide Achsen. Der Ansatz ist so einzurichten, daß die Okulare waagerecht ausgerichtet sind und der Einblick schräg von oben erfolgen kann. Auf eine bequeme Beobachtungshaltung ist zu achten. Wird der Ansatz ohne Barlowlinse benutzt, ist er direkt an den Wechselseiter anzuschrauben. Durch Bewegen der Kniebrücke wird der Augenabstand des Beobachters so eingestellt, daß die beiden Sehfelder exakt zur Deckung kommen. Die Scharfeinstellung der Objekte erfolgt mittels Einstellfassung oder mittels Okulartrieb und der Dioptrieneinstellungen an den Okularenden. Dabei ist zuerst mit der Einstellfassung die Fokussierung für das Auge, das auch bei monokularem Beobachten vorzugsweise verwendet wird, vorzunehmen. Anschließend erfolgt mit der Dioptrieneinstellung die Scharfeinstellung für das andere Auge.

b) am „Meniscas“ 150/2250

Um den binokularen Ansatz am „Meniscas“ verwenden zu können, ist es erforderlich, den für die Benutzung eines Okularrevolvers vorgesehenen Wechselseiter gegen einen Wechselseiter ohne Zwischenstutzen auszutauschen. An den Wechselseiter wird (bei Verwendung der binokularen Vorrichtung mit eingeordneter 1,6facher Barlowlinse) ein Zwischenstutzen von 70 mm Länge angeschräubt und dann der binokulare Ansatz angebracht. Ist die Barlowlinse entfernt, wird der Binokularansatz direkt an den Wechselseiter angeschraubt.

Am Cassegrain-Spiegelteleskop 150/2250 ist der binokulare Ansatz ebenfalls verwendbar.

Vorteile der binokularen Beobachtung:

- Um bei Planetenbeobachtungen die kurzen Augen-

blicke der Bildruhe zum Erkennen von Details auf den Planetenscheiben ausnutzen zu können, sind oft lange Beobachtungsphasen erforderlich, wobei bei binokulärer Beobachtung die Augen nicht so schnell ermüden.

- Die Objekte erscheinen heller.
- Einzelheiten werden leichter und genauer wahrgenommen.
- Die bei starken Vergrößerungen gelegentlich auftretenden „fliegenden Mücken“ im Auge sind weniger störend als bei einäugigem Sehen.

Der binokulare Ansatz stellt eine wertvolle – aber auch sehr kostspielige – Ergänzung der an Fernrohren des Amateurs verwendbaren Zusatzeräge dar. Erfahrene Beobachter sollten die Vorteile des binokularen Ansatzes nutzen.

HELMUT ADLER

KURZBERICHTE

30 Jahre Volkssternwarte Erfurt

Erfurt hat eine reiche humanistische Vergangenheit. Als hervorragender Vertreter der astronomischen Fachrichtung ist Johann Hieronymus Schröter zu nennen, der 1745 in Erfurt geboren wurde und als Mondtopograph weltweite Bedeutung erlangte. In den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts wurden zunächst mit transportablen kleineren Fernrohren auf dem Domplatz, dann auf der Oberrealschule (heute: Humboldt-EOS) mit einem 130-mm-Zeiss-Refraktor Himmelsbeobachtungen durchgeführt. Die Kriegswirren und die Bombenangriffe erforderten Anfang 1945, das Fernrohr auszulagern. Diese Umsicht lohnte sich, denn der Trakt der Schule, der die Sternwarte trug, wurde durch Bomben zerstört.

Das Vorhandensein dieses Fernrohrs mit einem hervorragend zeichnenden A-Objektiv ($f = 2300$ mm) und das bewußte Anknüpfen an die Erfurter astronomische Tradition ließen nach Kriegsende in weiten Kreisen der Bevölkerung, vor allem aber bei den damaligen Sternfreunden, den Wunsch nach einer neuen Erfurter Sternwarte laut werden. Von der damaligen Stadtverwaltung wurde die Bedeutung, die gerade eine Volkssternwarte zum kulturellen Neubeginn einer Bevölkerung mit reichem humanistischen Erbe hat, erkannt. 1950 wurde einer der beiden Festungstürme der ehemaligen Citadelle „Cyrriaksburg“, die von Otto von Guericke konzipiert wurden, zur Errichtung einer neuen Sternwarte freigegeben. Mit über 3 m Mauerstärke und einem gewaltigen Mittelpfeiler dürfte diese Einrichtung wohl zu den stabilsten gehören. Bald wölbte sich über dem wieder aufgestellten Refraktor eine Kuppel von 5 m Durchmesser. Sie ist eine der ersten, die vom VEB Carl Zeiss Jena erbaut worden ist. Außer dem eigentlichen Beobachtungsraum bekam die Sternwarte noch ein kleines Arbeitszimmer für den Leiter, das gleichzeitig als Uhrenraum dient.

Turm und Kuppel lagen damals noch im kleinen Volkspark „Cyrriaksburg“ am Rande der Stadt. Unter der führigen Leitung von Studienrat Alfred Priem, der schon viele Jahre vor der Zerstörung der alten Sternwarte in seiner Person Mittelpunkt der Erfurter Astronomie war, wurde nun auch die neue und großzügigere Volkssternwarte ein Magnet für jung und alt.

Anfang der sechziger Jahre wurde das Gelände vor der Sternwarte von südöstlicher bis südwestlicher Richtung

Zug um Zug der großzügig gestalteten „Internationalen Gartenbauausstellung der DDR“ (iga) einverlebt. Dort wo ehemals freies Gelände mit großen Blumenfeldern zur Samengewinnung sich ausdehnte, wurden die Bauten der „iga“ errichtet. Große glaswändige Hallen mit hellen Raumbeleuchtungen, Gaststätten, Effektbeleuchtungsanlagen und zahlreiche Lampen wurden aufgestellt. Jeder, der sich halbwegs mit astronomischer Beobachtungspraxis vertraut gemacht hat, weiß, was das für die Volkssternwarte bedeutete. So konnte eine teure Astrokamera (Zeiss-Vierlinser), die dem Fernrohr parallelgeschaltet ist, in den letzten Jahren nicht mehr mit sinnvollem Gewinn eingesetzt werden. Die Sonne, der Mond, die großen Planeten und die hellsten Doppelsterne verblieben aber als Beobachtungsobjekte. Dieses sind gerade, für die das Fernrohr mit seiner optimalen Bildauflösung wie geschaffen ist.

Mit der „iga“ kamen die Besucher! Aus einer ehemals rein städtischen Einrichtung wurde eine Repräsentantin der volkstümlichen Himmelskunde der DDR für internationales Publikum.

Die Volkssternwarte Erfurt wechselte in ihrer 30jährigen Geschichte mehrfach den Besitzer. Seit mehreren Jahren sind die Museen der Stadt (Naturkundemuseum) Rechtsträger der Einrichtung. Nach einigen Jahren Vakanzzeit wurde Anfang 1978 die Sternwarte in die Betreuung eines neuen Leiters übergeben. Die Sternwarte war durch Nichtbenutzung und wechselnde Einflüsse in einem wahrhaft desolaten Zustand. Auch das große Fernrohr mußte einer Generalreparatur unterzogen werden. Nach Überholungsarbeiten von einem halben Jahr durch den neuen Leiter konnte die Volkssternwarte Erfurt am 1. Mai 1978 von neuem ihre Pforten öffnen. Seit diesem Tag bis Ende 1980 haben 80000 Interessierte die Sternwarte besucht. Während der iga-Saison (1.5.–10.10.) ist die Sternwarte außer montags und dienstags täglich von 10 bis 18 Uhr geöffnet. Die Betreuung erfolgt durch den Leiter und einen Kassierer. Bei klarem Himmel werden bis zu zwölf Führungen pro Tag durchgeführt. Als Beobachtungsobjekt bietet sich natürlich die Sonne an, kommen doch die meisten Besucher als iga-Gäste tagüber zur Sternwarte. Mitunter ist der Besucherandrang so stark, daß nicht alle in der relativ geräumigen Kuppel Platz finden. Meist kommt der Betreuer der Sternwarte nicht dazu, in Ruhe eigene Beobachtungen durchführen zu können. Seit 1979 beherbergt unser Sternwartenturm in der ersten Etage eine Ausstellung „Astronomie – Gesicht einer Wissenschaft“. Anhand von Schautafeln mit zahlreichen Fotos und Texten, Vitrinen mit plastischen Darstellungen und Tautenburgs Großdias werden dem Betrachter Methoden und Objekte moderner Kosmoforschung nahegebracht.

Neben der Tätigkeit in der iga-Saison werden noch folgende Programme durchgeführt: Jeweils mittwochs finden Abendbeobachtungen bei klarem Himmel statt. Einmal im Monat trifft sich auf der Sternwarte die Erfurter Kulturbundfachgruppe „Astronomie“. Im Wechsel von 14 Tagen kommt eine Schüler-AG „Junge Astronomen“ bzw. werden Vorlesungen in der Volkshochschule gehalten. Brigaden, Kollektive u. a. Besuchergruppen werden (nach Anmeldung bei der Urania) individuell betreut. Außerdem stellt der Leiter der Sternwarte in der Wochenendbeilage von „Das Volk“ monatlich den Sternhimmel des Monats in populärer Form vor. Vieles ist seit 1950 geleistet worden. Dank und Ansporn sollten aus dieser Rückbesinnung erwachsen! Vieles kann vom Leiter der Sternwarte und seinen Helfern erwartet werden – aber nicht alles! Bleibt zu hoffen, daß die Volkssternwarte nach 30 Jahren einen weiteren, neuen Impuls erhält, um der Vermittlung eines gediegenen und wissenschaftlich fundierten Weltbildes immer besser entsprechen zu können.

GÜNTHER LOIBL

Amateurtreffen in Potsdam

Mit dem ersten Treffen der Amateurastronomen des Bezirkes Potsdam sollte eine Möglichkeit für Kontakte untereinander geschaffen werden, die in anderen Bezirken schon eine Tradition hat. So trafen sich 19 Sternfreunde am 9.11.1980 im Potsdamer Haus der Lehrer. In einer Reihe von Beiträgen wurden Möglichkeiten für eine eigene Tätigkeit gezeigt. Das Astronomische Zentrum „Bruno H. Bürgel“ Potsdam wurde von A. Zenkert vorgestellt. Er zeigte die Entwicklung dieser Einrichtung und ihr gegenwärtiges Profil. Besondere Schwerpunkte sind die Gestaltung des Astronomieunterrichts, die Popularisierung der Astronomie im Sinne Bürgels, die Meteorastronomie und die Gnomonik. K. Friedrich von der Archenhold-Sternwarte Berlin gab zahlreiche Anregungen, welche Erscheinungen und Objekte für den Amateur fotografierwert sind. Eine Anleitung für Sonnenbeobachtungen gab J. Rendtel. M. Greimann (FG Falkensee) arbeitete einen Aspekt der Planetoidenbeobachtung heraus: Wie erhält man eine Lichtkurve eines Planetoiden, was läßt sich daraus ableiten und was gilt es zu beachten. Gleichzeitig wurde auf Eros aufmerksam gemacht, der 1981 günstig zu verfolgen ist. T. Töpfer und A. Kaatz (AG Potsdam) gaben einen Überblick über die Meteorastronomie. Die bedeutendsten Ströme und einige Besonderheiten für den Herbst/Winter 1980 wurden vorgestellt und anschließend ausführliche Bemerkungen zur Meteorfotografie gemacht. Aus dem Archiv der Potsdamer AG konnte A. Kaatz Aufnahmen zeigen und dabei auf die Probleme der Meteorfotografie hinweisen. Wie schon im Vortrag von K. Friedrich erwähnt wurde, gehören auch Erscheinungen in der Atmosphäre ins Interessengebiet der Amateurastronomen. A. Knöfel (Potsdam) gab einen Überblick über Halobebobachtungen mit schönen Beispieldotos.

In der ausgedehnten Mittagspause und zwischen den Beiträgen kam es zu Gesprächen und Diskussionen, die ein Anliegen des Treffens waren. So ging es zum Beispiel um die Helligkeitsentwicklung von Kometen, um optische Geräte für Beobachtung und Astrofotografie.

Sicher sind die traditionellen Treffen der anderen Bezirke bereits effektiver, es war dies jedoch der Anfang für einen Weg, der fortgesetzt werden soll. Darin sind sich die Beteiligten einig.

J. RENDTEL

Sonnenfinsternisexpedition Potsdam – Bratsk

Am 31. Juli 1981 fand in Teilen der Sowjetunion eine totale Sonnenfinsternis statt. Eine fünfköpfige Beobachtergruppe unter Leitung der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft Potsdam unternahm eine Expedition in das Finsternisgebiet nach Sibirien. Auf der Hinfahrt machten wir in Moskau und Irkutsk Zwischenstation. Diese Aufenthalte nutzten wir zum Kennenlernen des Landes. Besonders beeindruckt hat wohl alle die Tour zum Baikalsee. Doch schon am nächsten Tag stand wieder unser Finsternisprogramm im Vordergrund. Erneut wurden alle Geräte aufgebaut und überprüft. Eigentlich müßte nun alles klappen. Am 30. Juli flogen wir nach Bratsk in die Totalitätszone. Unser Beobachtungsplatz selbst befand sich direkt auf der Zentrallinie der Finsternis, etwa 40 km südwestlich von Bratsk. Dort waren auch mehrere wissenschaftliche Expeditionen anderer Länder stationiert. Trotz einer Panne unseres Busses kurz vor Erreichen des Beobachtungsplatzes mitten in der Taiga kamen wir rechtzeitig an, um mit den meteorologischen Messungen und den Reihenannahmen beginnen zu können. Es wurde noch einmal sehr spannend, als fast zur Totalität Wolken heranzeigten. Im

entscheidenden Zeitraum war aber eine Lücke zur Stelle, so daß alle unsere Vorhaben in die Tat umgesetzt werden konnten. Trotz Programm fand jeder Zeit, die großartige Korona anzusehen und diesen Eindruck in sich aufzunehmen. Schon nach 1⁹⁵⁰ erschien der „Diamantring“ – die Totalität war vorbei. Ein ausführlicher Bericht wird in A+R 1/82 folgen.

FRANK ANDREAS

Internationaler Porträt-Katalog von Astronomen

Für die wissenschaftliche Erforschung von Einzelfakten, Zusammenhängen, systematischen Aussagen oder von Entwicklungslinien stellt der Rückgriff auf archivisch aufbereitetes Material nicht nur eine Frage der wissenschaftlichen Exaktheit und Vollständigkeit dar, er entspringt auch der Forderung nach Effektivität, d. h. der Produktion eines wissenschaftlichen Ergebnisses unter einem ökonomisch vertretbaren Zeitaufwand. Dies gilt sowohl für die Astronomie als auch für das Studium ihrer Geschichte.

Als im Januar 1970 an der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow die Forschungsabteilung für Astronomiegeschichte geschaffen wurde, existierten neben dem umfangreichen historischen Fundus in Gestalt der Bibliothek der Sternwarte nur wenige Nachschlagewerke und die vorhandenen Kataloge entsprachen mehr dem Charakter persönlicher Arbeitskarten, deren Gebiete durch frühere Themen oder die jeweiligen Interessen der Bearbeiter bestimmt waren. Durch Gründung der Abteilung ergaben sich schließlich sowohl personell als auch durch Forschungspläne verbesserte Voraussetzungen für den Aufbau repräsentativer Sachgebetskataloge. Im Gegensatz zur Form *gedruckter Kataloge*, die zu besonderen Sachgebieten z. T. auch periodisch publiziert in den Veröffentlichungen der Sternwarte erscheinen, kann über *Kataloge mit festem Standort* durch Veröffentlichungen nur informiert werden. Allgemein interessierende Standortkataloge, die neben bibliothekstechnischen und institutsspezifischen Merkmalen innerhalb der letzten 10 Jahre entstanden, stellen gegenwärtig dar:

- systematischer Katalog zur Astronomie
- Literaturkatalog zur Geschichte der Astronomie
- Literaturkatalog zur Geschichte der Raumfahrt
- Biographienkartei von Astronomen
- Standortsnachweis aller astronomischen Drucke in den Bibliotheken der DDR
- Bildkatalog über Sternwarten/Instrumente/Planetarien
- Porträt-(Bild)-Katalog.

Alle Kataloge stehen einer breiten Nutzung auf schriftlichem, telefonischem oder persönlichem Wege wissenschaftlich Arbeitenden zur Verfügung und enthalten bisher mehrere 10000 Nachweise.

10 Jahre ist es her, seit die Arbeiten 1971 am Porträtkatalog begannen. Nach einem zunächst bescheidenen Zuwachs enthielt er Ende 1981 rund 4500 Nachweise, davon über 3500 in Bildform. Der Katalog erfaßt im A 6-Format Bildnisse von Astronomen, Astrophysikern, Astronomiehistorikern, Technikern des astronomischen Gerätebaus, Herausgebern astronomischer Journals, bekannte Schul- und Amateurastronomen, aber auch von Geophysikern und Geographen, Mathematikern, Physikern, Philosophen, Kosmonauten, Raketenpionieren usw. Die bisherigen Recherchen basierten auf dem Fundus von Zeitschriften, Büchern, Archiven und Dokumentationen aus der Bibliothek der Archenhold-Sternwarte sowie auf einzelnen Informationen über Privatsammlungen und veröffentlichten Bildsammlungen. Seit 1975 werden alle Neueingänge der Bibliothek der Sternwarte diesbezüglich systematisch erfaßt.

Seit 1981 erstrecken sich Porträtrecherchen nun auch mit Förderung der IAU, Kommission 41 für Geschichte der Astronomie, schrittweise auf alle Forschungsobservatorien der Welt. Mit einem entsprechenden Zirkular macht die Archenhold-Sternwarte nach und nach alle Sternwarten des In- und Auslands mit dem Gegenstand, dem Umfang und den Arbeitsmöglichkeiten des „International Portrait Catalogue“ (IPC) bekannt. Dem Zirkular ist ein Informations-Zirkular des Präsidenten der Kommission 41 beigelegt. In beiden Schreiben wird zugunsten einer größeren Internationalität des Katalogs um Information über eigene Bildbestände, insbesondere um Bilder zeitgenössischer Astronomen gebeten, für die die Sammlung gegenwärtig naturgemäß noch nicht repräsentativ sein kann.

Der Aufbau des Katalogs ist einfach: Neben alphabetisch geordneten Bildkarten von Einzelpersonen werden Gruppenbildnisse und Bildsammlungen gesondert ausgewiesen. Jede Bildkarte entsteht als Reproduktion (Zwischennegativ) und enthält auf der Rückseite neben den Angaben zur Person (Zunahme, Vornamen, Lebensdaten) Informationen zur Bildvorlage (Literaturquelle, Bildautor, Standort oder Archiv, Eigentümer, Archivsignatur, Entstehungsdatum, Gemälde- oder Fototechnik, „Standortschlüssel“ u. ä.). Die Karte ist gewissenhaft fixiert und lichtgeschützt aufbewahrt.

Aus der Beschreibung wird deutlich, daß der IPC augenblicklich eine Informationssammlung darstellt, die zur Erlangung von Auskünften, nicht aber zur Erteilung von Copyrights geeignet ist. Allerdings dient sie in der Vergangenheit schon wiederholt zur kurzfristigen Recherche über vorhandenes Material zur Bebildung von Druckerzeugnissen und Vorträgen, zu vergleichenden Porträtsstudien (Identifizierung und Ikonographie) oder bei speziellen historischen Untersuchungen zur Erhebung biographischer Stationen (z. B. Datierungen, Nachweis über persönliche Kontakte usw.). Dieser „Dienstleistung“ wird sich die Archenhold-Sternwarte mit wachsender Internationalität des Katalogs künftig auch stärker zu stellen haben.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß die Archenhold-Sternwarte der Überlassung von Reproduktionen oder Negativabbildungen bzw. der Übersendung von Originalen zu Reproduktionszwecken unter Wahrung aller Rechte der Eigentümer bei der Garantie kürzester Bearbeitungsfristen interessiert entgegenseht und überdies für jede dem Anliegen des IPC dienende Information dankbar ist. Das gilt insbesondere auch für den Kreis der Amateure und Schulastronomen.

K. FRIEDRICH

Zentrale Jugendtagung Astronomie 1982

Am 8./9. Mai findet in Remschütz b. Saalfeld die IV Zentrale Jugendtagung Astronomie der DDR statt. Der Zentrale Fachauschluß lädt alle jungen Sternfreunde dazu herzlich ein!

Neben der Weiterbildung soll dem Erfahrungsaustausch wieder breiter Raum gelassen werden. Alle Interessenten sind aufgefordert, sich an der geplanten Postersitzung mit Ausstellungsmaterial über Ergebnisse ihrer eigenen Amateurtätigkeit zu beteiligen. Pro Exponat steht eine Tischoberfläche von ca. 0,8 m² zur Verfügung. Separate Zusammensetzung der thematischen Arbeitsgruppen des ZFA werden darüber hinaus allen Gelegenheit bieten, sich mit Inhalt und Organisation der amateurastronomischen Arbeit im Kulturbund vertraut zu machen.

Anmeldungen mit den Angaben Name, Vorname; Anschrift, Alter, Beruf, Teilnahme an Postersitzung? Thema des Posters sind bis zum 21. 2. 1982 zu richten an Dr. Jürgen Schulz, 5211 Kirchheim Nr. 49.

AUS d. LITERATUR



Entfernteste Galaxien entdeckt

Galaxien mit der größten bisher bekannten Entfernung wurden von den amerikanischen Astronomen Spinrad, Stauffer und Butcher entdeckt. Es handelt sich um zwei sehr schwache Objekte, die mit den Radioquellen 3C 13 und 3C 427.1 identisch sind. In zahlreichen Beobachtungssichten am 3-m-Spiegel des Lick-Observatoriums sowie am 4-m-Teleskop auf dem Kitt Peak war es gelungen, unterstützt von elektronischer Bildverstärker-technik, Spektren von diesen Objekten zu erhalten. Dazu waren Belichtungszeiten bis zu 40 Stunden erforderlich. Es wurden die Rotverschiebungen $z = 1.050$ und 1.175 festgestellt, die bei einer Hubble-Konstanten von $H_0 = 50$ etwa der Entfernung von $10 \text{ Mrd. Lichtjahren}$ entsprechen. Bemerkenswert ist, daß sich die Spektren kaum von denen vergleichbarer näherer und damit älterer elliptischer Riesengalaxien unterscheiden. So konnte z. B. im Wellenlängenbereich $300 - 380 \text{ nm}$ nur eine um 0.7 mag höhere Intensität festgestellt werden. Man nimmt daher an, daß selbst in diesen jungen Galaxien die Haupt-epoche der Sternbildung schon lange vorbei ist (einige Mrd. Jahre). Die Verfasser benutzten dabei ein kosmologisches Modell, nach dem diese Objekte vor 15 bis 18 Mrd. Jahren entstanden sind, wonach sich innerhalb von 1 Mrd. Jahren etwa 70 Prozent der Gesamtmasse in Sterne umwandelte.

Literatur: ApJ 244 (1981), 382-391

Möglicher Ursprung des Charon

Seit seiner Entdeckung steht das Phänomen Pluto-Charon bei vielen Planetologen im Vordergrund des Interesses. Das Größenverhältnis Planet-Mond von 2:1 ist im Sonnensystem genauso einmalig wie die gebundene Rotation beider Körper. Seitdem ein Bonneau und Foy 1980 gelang, das Plutosystem mit Hilfe der Speckle-Interferometrie zu beobachten, sind auch die Gesamtmasse des Systems, die Albedos sowie der Wert der großen Halbachse recht genau bekannt. Mignard hat nun eine Theorie vorgelegt, nach der das Gesamt-drehmoment des Plutosystems ausgereicht haben könnte, um einen ursprünglich vorhandenen Planeten auseinanderzuzerreißen. Mignard kommt zunächst zu dem Schluß, daß die Einfanghypothese im vorliegenden Fall, vor allem im Hinblick auf die gleichen Albedos, unrealistisch ist. Er nimmt als Ursprung einen homogenen und flüssigen Planeten an, der ja nur ein Drehmoment bis zu einem bestimmten kritischen Wert besitzen kann, oberhalb dessen ein Zerfall in zwei oder mehrere Körper erfolgen muß. Mignard findet dabei einen Wert, der dem beobachteten Gesamt-drehmoment des Pluto-Charon-Systems praktisch gleich ist. Sollte Pluto tatsächlich einmal dem Neptun entrinnen worden sein, so könnte bei dieser Gelegenheit der Auseinanderbruch stattgefunden haben. Mignard merkt in diesem Zusammenhang an, daß das Gesamt-drehmoment des Erde-Mond-Systems dreimal unter dem kritischen Wert liegt und auch die Masse des Mondes solch einen Vorgang nicht erlaubt.

Literatur: Astron. Astroph. 96 (1981), L 1-L 2

Neutrinos mit Masse?

Einige neue experimentelle Ergebnisse lassen vermuten, daß die Ruhemasse der Neutrinos nicht gleich Null ist, wie bisher stets angenommen wurde. Auf Neutrinos

wirkt allein die sogenannte schwache Wechselwirkung, die auch für den radioaktiven Zerfall verantwortlich ist. Daraus ergibt sich ein äußerst geringer Wirkungsquerschnitt, so daß ein Neutrinostrahl nahezu ungehindert Materieschichten von tausenden Kilometern durchdringen kann. Im Zentrum der Sonne entstehende Neutrinos erreichen die Erde schon nach etwa 8,5 min. Bei Messungen des solaren Neutrino-flusses stellte man fest, daß dieser etwa um den Faktor 2,5...3 zu niedrig lag. Ein solcher Unterschied ist nicht mit einem fehlerhaften Modell zu erklären. Aus dem Energiespektrum der beim Tritiumzerfall entstehenden Elektronen läßt sich prinzipiell die Masse des Elektron-Neutrinos bestimmen. Bisher ermittelte man eine obere Grenze von $35 \text{ eV} = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ g}$. Die eventuell vorhandene Masse der Neutrinos wirft neues Licht auf die Frage nach einem offenen oder geschlossenen Weltall. Nach bisherigen Beobachtungen ist die mittlere Materiedichte für ein geschlossenes Weltall viel zu gering. Keiner der vorgeschlagenen Auswege (galaktische Halos aus massreichen Sternen, intergalaktische Wolken neutralen Wasserstoffs, zahlreiche Schwarze Löcher) war bisher überzeugend genug. Andererseits ist das Weltall von einer Unzahl beim Urknall erzeugter Neutrinos erfüllt, so daß sich die Massenbildung des Kosmos mit massiven Neutrinos schlagartig ändert.

Literatur: Phys. Blätter, 36 (1980) 11, S. 339 f

Vom Nutzen der Raumfahrt

Dr. K. Feoktistow, Fliegerkosmonaut der UdSSR und einer der leitenden Wissenschaftler im sowjetischen Raumfahrtprogramm, berichtete kürzlich über einige Ergebnisse der Raumfahrt für die Volkswirtschaft. Von besonderer Bedeutung ist die kosmische Fotografie als Hilfsmittel für die geologische Rohstofferkundung auf der Erde. Ein konkretes Beispiel dafür ist die Entdeckung von Erdöl in der Dnepr-Donez-Niederung. In einem alten Überblick, wo mit früheren Methoden 102 erdölförderliche Strukturen entdeckt worden waren, konnte man allein im Laufe von fünf Monaten aufgrund der Auswertung kosmischer Aufnahmen 84 neue Bereiche für eine künftige Erdölförderung finden. Ähnliche ökonomische Aspekte ergaben Arbeiten und Beobachtungen auf dem Gebiet der Forstwirtschaft. Dazu gehören unter anderem die Überwachung des Holzseinschlags, die Feststellung von Waldbränden, die Registrierung von Gebieten, die von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen heimgesucht sind, die Beobachtung der Schneedecke und die Beurteilung der Brandgefahr in den Wäldern. Ohne die Weltraumtechnik wäre die schnelle Erfassung solcher Informationen über ausgedehnte Gebiete unmöglich. Eine Salut-6-Besatzung fertigte zum Beispiel Aufnahmen von einzelnen Einschlagsflächen an und entdeckte an mehreren Stellen Verstöße gegen gesetzliche Bestimmungen der Forstnutzung. Fachleute berechneten, daß im Sommer 1975 binnen zweier Monate allein die kosmischen Fotoaufnahmen von Bord der Station „Salut 4“ aus einen wirtschaftlichen Nutzeffekt von 50 Millionen Rubel erbrachten. Fünf Minuten kosmischer Aufnahmen bringen den gleichen Nutzen wie zwei Jahre ununterbrochener Luftaufnahmen desselben Gebietes der Erde.

Literatur: Versch. Presseveröffentlichungen

Fernmeldesatellit für jedermann?

Das aus heutiger Sicht noch phantastisch anmutende Projekt eines „Jedermann-Fernmeldesatelliten“ wird von der amerikanischen Weltraumbehörde NASA derzeit auf seine Realisierbarkeit überprüft. Der Satellit soll es etwa 25 Millionen Privatpersonen der USA ermöglichen, Sprechverkehr ähnlich dem heutigen Funktelefon abzuwickeln. Als Sender und Empfänger dienen ein-

fachste, am Handgelenk tragbare Geräte, die mit 25 mW betrieben werden. Der Leistungsaufwand wird im Satelliten konzentriert. Sein Gesamtgewicht wird mit 25 Tonnen veranschlagt, sein Leistungsbedarf mit 270 kW! Er stellt insgesamt 230 000 Sprechkanäle zur Verfügung, die auf 7000 Transponder aufgeteilt sind. Jeder Transponder ist eine bestimmte Region der USA zugeordnet, in der jeweils 60 000 bis 70 000 Teilnehmer an das System angeschlossen werden können. Die Satellitenantenne hat 67 Meter maximale Ausdehnung und 68 dB. Die Sendeleistung beträgt 300 W pro Transponder. An Bord befindet sich eine rund vier Tonnen schwere Schaltzentrale, die die Vermittlung der Gespräche zwischen den 7000 Versorgungsregionen vornimmt. Für das Projekt wird eine Entwicklungsdauer von fünf bis zehn Jahren veranschlagt. Obwohl phantastisch anmutend, sind die technischen Lösungen für ein solches Projekt heute durchaus verfügbar.

Literatur: Elektronikschau 55 (1979), 2, S. 15

„Solar Max“ beobachtet die Sonne

Der am 14. Februar 1980 mit einer Delta-Trägerrakete gestartete NASA-Forschungssatellit SMM 1 (1980 - 14 A - Solar Maximum Mission, Kurzbezeichnung: Solar Max) konnte innerhalb des internationalen Forschungsprogramms zur Beobachtung des Aktivitätsmaximums der Sonne interessante Daten zur Erde senden. Nach Auskunft der NASA zeichnete der Satellit Schwankungen des Sonnenradius von 0,17 Prozent auf. Die Messungen ergaben eine Analogie der Radiusschwankungen mit der Änderung der Temperatur auf der Sonnenoberfläche. Beim 2300 kg schweren Solar Max fand erstmals ein sogenannter Multimissionsbus Anwendung. Verläuft die Projektrealisierung im Zusammenhang mit der weiteren Flugerprobung des Space Shuttle programmgemäß, wird Solar Max etwa 1983/84 als erster Satellit mit der Raumfähre wieder zur Erde zurückgeholt. Nach dem Umrüsten des „Bus“ auf der Erde kann eine neue Mission eines jeweils spezialisierten Forschungsprogramms geflogen werden. Das bei der Solar Maximum Mission neu eingesetzte Datenübertragungssystem TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System) ermöglicht den Wissenschaftlern eine sofortige Grobanalyse und gestattet, den Satelliten unmittelbar auf besondere Ereignisse auf der Sonne zu orientieren und zu steuern. Insgesamt überwachen sieben Instrumente die Sonnenkorona und die gesamte Strahlung im Bereich zwischen Ultraviolett- und Gammastrahlung. Inzwischen versagten jedoch drei Lowcost-Schmelzsicherungen im Höhenkontrollsystem des Satelliten. Sie befinden sich in den Schwunggradaggregaten, die den Satelliten in der Flugbahn stabilisieren. Dadurch müssen wahrscheinlich weitere Forschungen erheblich eingeschränkt werden.

Literatur: Verschiedene Presseveröffentlichungen

REZENSIONEN

Kalender für Sternfreunde 1982

Das Kleine Astronomische Jahrbuch von P. Ahnert erscheint für 1982 in der seit vielen Jahren bewährten Form. Es ist für alle beobachtenden Astronomen, ob „Amateur“ oder „Profi“, ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Vorbereitung und Durchführung von Beobachtungen und aus deren praktischer Arbeit nicht mehr wegzudenken.

Im Kalenderteil gibt es gegenüber früheren Ausgaben keine grundsätzlichen Änderungen. Auf einige kleine Neuerungen in der Anordnung in den Ephemeriden weist der Autor auf S. 9 hin. Sehr gut ist auch die Zusammenstellung aller Symbole des Ephemeridentells auf S. 10. Diese Zusammenstellung ist für Erstbenutzer von großem Vorteil. Nach den Monatsübersichten wird umfangreich über die Finsternisse der Jahres 1982, das mit 7 derartigen Ereignissen ein echtes „Jahr der astronomischen Finsternisse ist“ informiert. Von 3 Mondfinsternissen sind 2 in der DDR, von 4 Sonnenfinsternissen ebenfalls 2 teilweise in der DDR sichtbar. Aus diesem Grund gibt Ahnert auch einen sehr umfangreichen Überblick darüber, besonders über den Verlauf der partiellen Sonnenfinsternis vom 20. Juli 1982. Der Autor nimmt das „Jahr der Finsternisse“ aber auch zum Anlaß für einen interessanten Beitrag über die Häufigkeit von Finsternissen in einem Mondjahr überhaupt.

Da die wenigstens teilweise beobachtbaren Sonnenfinsternisse sicher viele zu kontinuierlichen Sonnenbeobachtungen anregen werden, möchte ich auf den Beitrag auf Seite 177 hinweisen. Hier wird der Bau eines Protuberanzenansatzes für Amateurenfernrohre beschrieben, der sicher viele zu Realisierungen anregen wird. Der „Ahnert“ ist bei den Amateuren aber auch deshalb so beliebt, weil neben den kalendariischen Angaben noch über interessante neue astronomische Arbeiten und Ergebnisse informiert wird. Im Jahrbuch für 1982 beschäftigen sich 12 Beiträge direkt oder indirekt mit planetarischen Problemen, zwei mit der Sonne und 5 mit Fragen der Sterne und Sternsysteme.

Seit einigen Jahren wird das Maunderminimum der Sonnenflecken wieder diskutiert. Im Jahrbuch für 1982 findet man einen längeren interessanten Beitrag zu diesem Thema. Das Fazit ist, daß es heute viele Hinweise für die Widerlegung des Maunderminimums gibt.

Für den Erdbewohner ist der Tag-Nacht-Rhythmus ganz entscheidend für das Leben. Wie diese Vorgänge auf dem Merkur und der Venus ablaufen, kann man auf den Seiten 161 bis 168 lesen. Andere umfangreichere Beiträge beschäftigen sich u. a. mit Fragen der Astrobiologie und der Geschichte des Plutos.

Darauf hinzuweisen, daß der „Ahnert“ in die Hand jedes beobachtenden Astronomen und Amateurastronomen gehört, ist sicher überflüssig, denn die Nachfrage ist wahrscheinlich größer als die Auflage, was für die Qualität und die Beliebtheit, sowie die Notwendigkeit dieser Publikation spricht.

S. MARX

Paul Ahnert: Kalender für Sternfreunde 1982. Kleines astronomisches Jahrbuch, Verlagsbuchhandlung J. A. Barth, Leipzig. Preis (DDR): 4,80 M.

Jugendlexikon „Astronomie und Raumfahrt“

Das Interess an modernen astronomischen Problemen, sowie Ergebnissen und Methoden der Raumfahrt ist seit 1957 enorm angestiegen und in populärwissenschaftlichen Beiträgen ist es gar nicht immer möglich, alle Grundlagen, die zum Verständnis notwendig sind, zu behandeln. Deshalb ist ein Nachschlagewerk, das das notwendige Grundwissen enthält, nun zu begrüßen.

Wenn bei umfangreichen Gebieten wie der Astronomie und der Raumfahrt nur ca. 250 Seiten zur Verfügung stehen, liegt das Problem in der geschickten Auswahl der Stichworte und des Umfangs der Erklärungen. Die Auswahl der Stichworte erscheint mir gut gelungen. Bei der Klarheit der Erklärungen der Stichworte gibt es wenige Ausnahmen, bei denen es nicht so gut gelungen ist. Ein typisches Beispiel ist das Stichwort „Zeitdilatation“. Die Darstellung ist schwer verständlich, außerdem hat

sich in die Formel noch ein Druckfehler eingeschlichen. Ähnliches gilt z. B. für den letzten Abschnitt des Stichwortes „Sternensystem“. Bei der Abb. „Zirkumpolarsterne“ sollte die geografische Breite, für die sie gilt, angegeben werden. Die Abb. mit der Unterschrift „Nordamerikanenbel“ zeigt den Pelikannebel. Mindestens die Daten des Jupitermondes „Leda“ waren zu Redaktionsschluß schon bekannt. Mit einer Umlaufzeit von 75 Jahren konnte der Halley'sche Komet seit -80 noch nicht 30mal gesehen werden. In der Tabelle „Sonnensystem“ ist als Intervall für die Planetendurchmesser 4876 km bis 143 650 km angegeben, in der Tabelle „Planeten des Sonnensystems“ findet man für Pluto aber einen Durchmesser von 2800 km.

Diese Bemerkungen sollen Hinweise für eine neue Auflage sein, denn die Zielstellung und das Anliegen des Buches verdienen es, daß es bald wieder aufgelegt wird. Die Gesamtanlage des Buches ist so, daß es schon Schülern der 10. Klasse als Zusatzliteratur empfohlen werden kann. Unbedingt dazu greifen sollten aber Astronomielehrer (auch, wenn sie über 25 Jahre alt sind, s. Rückseite des Buches), da es eine Hilfe sein kann, um auf manche Fragen eine schnelle Antwort zu finden. Zusammenfassend möchte ich sagen: ein empfehlenswertes Buch, das für eine Neuauflage stellensweise verbessert werden kann.

S. MARX

Klaus Lindner, Karl-Heinz Neumann: **Jugendlexikon Astronomie und Raumfahrt**. VEB Bibliographisches Institut Leipzig, 1980. 256 S., Preis (DDR): 7,50 M.

Sternwarten der Welt

Das handliche Buch ist der gelungene Versuch, den an beobachtender Astronomie interessierten Laien mit der fast unüberschaubaren Vielzahl astronomischer Forschungsinstitute und den in ihnen installierten Meßgeräten bekannt zu machen. Es ist bei einem derart kleinen Buch natürlich nicht möglich, mehr als eine sehr kurze Charakterisierung jeder Sternwarte zu geben. Trotzdem verfallen die Autoren nicht in einen trockenen Aufzählungstil, sondern schildern lebendig historische Entwicklung und wesentliche Aufgabengebiete. Dabei wird gleichsam nebenbei eine Einführung in Astronomie und Astrophysik gegeben, indem bei der Behandlung jeder Sternwarte eine astronomische Problematik besonders ausführlich erläutert wird.

Das Buch beginnt mit einer stark gerafften Darstellung der Entwicklung der beobachtenden Astronomie – von Stonehenge bis zum Vließteleskoparray – verbunden mit einer Erläuterung der grundlegenden Typen optischer Fernrohre und ihrer Montierungen. Es folgt, alphabetisch nach den Ortsnamen geordnet, die Beschreibung der meisten großen und einigen kleinen Observatorien und Institute. Das Inhaltsverzeichnis, das 40 Einzelinstitutionen auszuweisen scheint, täuscht: wenigstens 70 Sternwarten oder deren Außenstationen sowie theoretische Forschungseinrichtungen sind im Text erwähnt und meist ausführlicher besprochen. Man wird mit über 170 optischen Teleskopen, etwa 40 Radioteleskopen und vielen der modernen Beobachtungsinstrumente, wie Flugzeug-, Ballon- und Satellitenteleskopen, γ- und Röntgenteleskopen, bekannt gemacht. Den geplanten 2,4 m-Raumteleskop der NASA ist ein eigenes kurzes Kapitel gewidmet. Neben diesen „Lichtsammern“, die ja nur das erste Glied in der astronomischen Melkkette darstellen, nimmt auch die Beschreibung der vielen modernen Meß- und Auswertegeräte und -methoden einen breiten Raum ein.

Das Buch ist mit einer großen Anzahl abwechslungsreich

ausgewählter Bilder und vielen ergänzenden Zeichnungen und Diagrammen ausgestattet. Bis auf zwei Ausnahmen werden Instrumente oder Gebäude aus jeder der behandelten Institutionen gezeigt, ergänzt durch einige Bilder bedeutender Astronomen der Vergangenheit sowie durch einige Himmelsaufnahmen. Prinzipskizzen einiger bedeutender Instrumente erleichtern das Verständnis; Kartenskizzen erläutern die geographische Verteilung im Großen (Vor- und Nachsatz) sowie für ausgewählte Gebiete im Kleinen.

Druck- und Bildqualität lassen kaum Wünsche offen, Druckfehler und sonstige kleine Irrtümer sind sehr selten. In einer Neuauflage muß die falsche Bezeichnung des Hanbury Brown-Interferometers (S. 56) als Radiointerferometer ausgemerzt werden; es ist ein im Optischen arbeitendes Intensitätsinterferometer. Auch ein Bild des 6 m-Teleskops Selentschuk käme einer Neuauflage sicher sehr zugestatten; für die Darstellung der Arbeiten der DDR-Sternwarten böte sich wohl der Rahmen des Zentralinstitutes für Astrophysik an – in ähnlicher Weise, wie das für die japanischen Sternwarten geschehen ist –, so daß z. B. die alten Institute in Potsdam und Babelsberg nicht mehr unter den Tisch zu fallen brauchen.

Es sei dahingestellt, ob in einem Buch, wie dem vorliegenden, die modische i-Schreibung der Silben „photo“ und „graph“ so konsequent wie hier angewandt werden sollte; zumindest „Photosphäre“ (S. 141) sollte wohl in dieser Schreibweise belassen werden. Bei „geographisch“ sind schriftsichtlich Verlag und Autoren nicht einig geworden – man findet ph (Einleitung) und f (S. 120, 193). Ange-nehm ist die Verwendung der Umschrift nach Steinitz für ursprünglich kyrillisch geschriebene Namen anstelle der modernen Bibliotheksumschrift. Resümé: Ein sehr empfehlenswertes Buch, das sicher bald eine Neuauflage verdiente.

PETER NOTNI

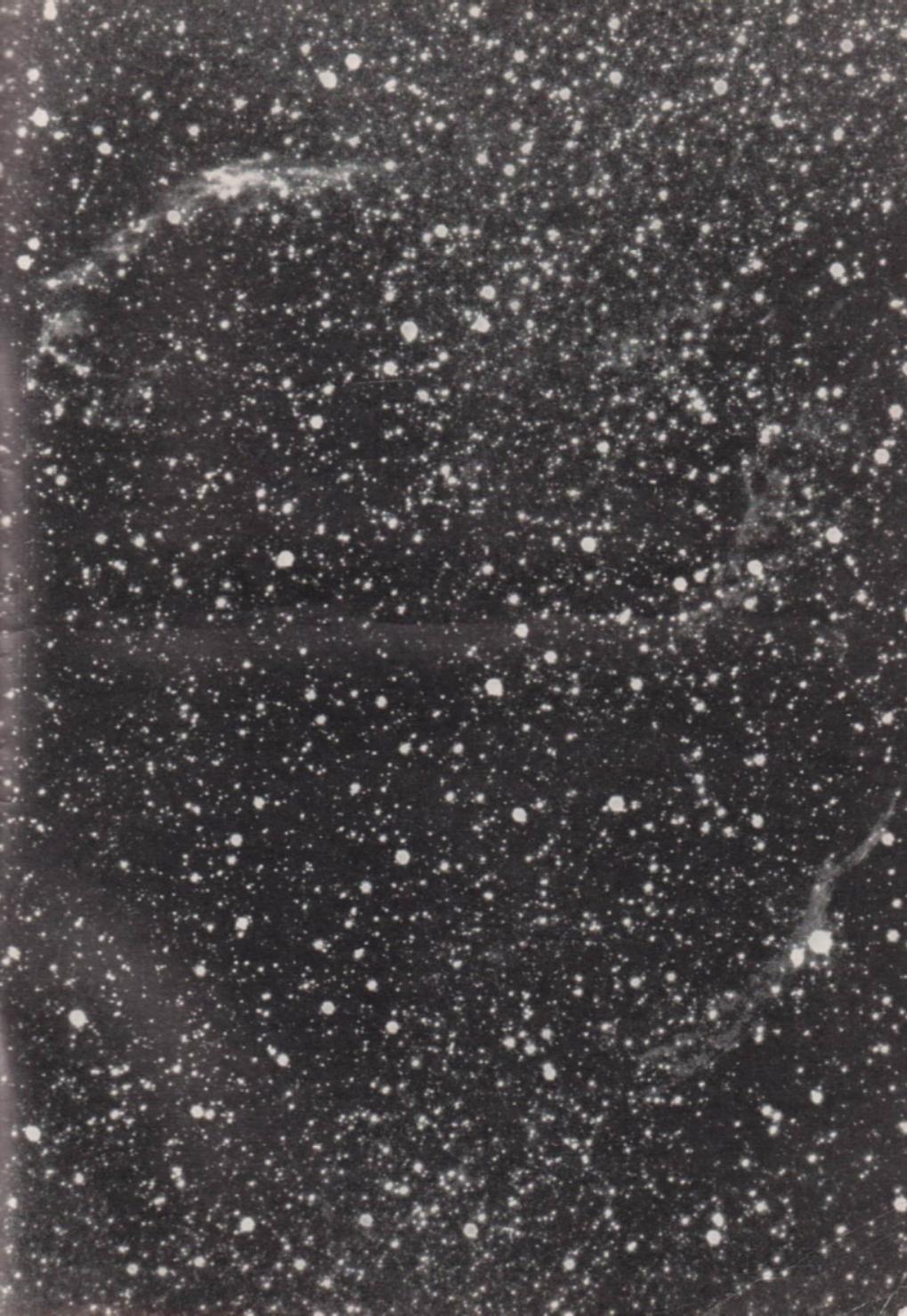
S. Marx, W. Pfau: Sternwarten der Welt. 44 farb. und 78 s/w Abb., Verlag Edition Leipzig 1979, 200 S., Preis (DDR) 36 M. Bestell-Nr. 593 962 8.


Vorschau auf Heft 1/1982

Die Spiralstruktur der Galaxis – Sonnenfinsternis-Expeditionsberichte – Merkurbeobachtung mit freiem Auge – Raumfahrtbilanz 1980

Unsere Autoren

- Dr. Ludwig Meinunger, 6400 Sonneberg, Sternwarte
Dipl.-Ing. H.-D. Naumann, 8142 Radeberg, Str. d. Thälmann-Pioniere 19
- Arnold Zenkert, 1500 Potsdam, Seestr. 17
- Dr. Fritz Gehlhar, Dr. Nina Hager, 1080 Berlin, Zentralinstitut für Phys. der AdW der DDR
- Wolfgang Roloff, 3511 Birkholz, Dorfplatz 9
- G. Stemmler, 9150 Oelsnitz, Dr.-O.-Nuschke-Str. 36
- Ina u. Jürgen Rendtel, 1500 Potsdam, Fichtestr. 5
- Dr. A. Koeckenbergh, 3, av. Cire, B 1180 Bruxelles
Dipl.-Astr. E. Bartl, 5320 Apolda, Am Brückenborn 16 a
Helmut Adler, 5631 Lutter, Hauptstr. 117
- Hans-Jörg Metting, 8020 Dresden, Tiergartenstr. 30 c
- Klaus Friedrich, 1193 Berlin-Treptow, Archener-Str. 2
- Günter Loibl, 5101 Molsdorf, Gothaer Str. 4 a
- Dr. Jürgen Schulz, 5211 Kirchheim, Nr. 49
- Frank Andreas, 9630 Crimmitschau, Sternwarte





F