

1 1977 **Astronomie und Raumfahrt**



INHALT

Die Röntgenastronomie · Dipl.-Astron. René Hudec	1
Gedanken über das Verhältnis der Astronomie zur Philosophie · Dr. Renate Wahsner	8
Überblick über internationale und nationale CETI-Ereignisse · Jürgen Lehmann	14

Bildseiten

Fotos Partielle Sonnenfinsternis 29. 4. 76 — Sternfeldaufnahmen	I—IV
---	------

Amateure beobachten und berichten

Zur fotografischen Verwendung von Kugelspiegeln · Michael Greßman	17
Ausschalten von Störfaktoren bei Sternfeldaufnahmen · Wolfram Fischer	19
Partielle Sonnenfinsternis vom 29. 4. 1976 — mit Schulfernrohr beobachtet · Wolf-D. Spiethoff	22
Messungen der Temperatur und Himmelselligkeit während der Sonnenfinsternis am 29. 4. 1976	23
Eine Gemeinschaftsarbeit · Dietmar Böhme	23
Zwischen Kap Arkona und Schönberg. Mathematisch-astronomische Studie über das Territorium der Deutschen Demokratischen Republik · Arnold Zenkert	26

Kurzberichte

Arbeitsgruppen für aktive Beobachter	29
Jugendlager Astronomie 14.—22. 6. 1976	29
Arbeitskreis Gnomonik	29
Meteorbeobachter	30
Neues ungarisches Teleskop	30

Aus der Literatur

Die kosmischen Lichtblitze	30
Die Sonne vom Weltraum aus betrachtet	31
Zum Schutz der Kosmonauten vor Strahlungen	32
Tautenburg Kuppel in neuem Gewand	3. Umschlagseite
Ein heller Bolid über Böhmen am 2. 3. 1976	3. Umschlagseite
Das größte Spiegelteleskop der Erde — Ein Pluto-Mond? — Hat die Sonne einen Begleiter?	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 10. 11. 1976

Für unsere Zeitschrift zur Veröffentlichung bestimmte Raumfahrt-Manuskripte bitten wir ab sofort zu senden an:

**Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur) oder
Heinz Mielke (Redaktionsmitglied).**

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. — Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 063 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1977 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 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 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Die Röntgenastronomie

Dipl.-Astron. RENÉ HUDEC

1. Einführung

Die Röntgenastronomie (oder auch die X-Astronomie) beschäftigt sich mit den Beobachtungen im Wellenbereich 1–100 Å, d. h. im Energiebereich 12–0,12 keV (genau: $\lambda [\text{Å}] \times E [\text{keV}] = h c = 12,4$). Die Röntgen- (oder auch X-) Strahlung mit der Wellenlänge größer als 10 Å bezeichnen wir als die weiche, kleiner als 10 Å als die harte Strahlung.

Die Röntgenastronomie wird in die solare und die stellare geteilt. Während die solare Röntgenastronomie gleich nach dem zweiten Weltkrieg begonnen hat, ist die stellare Röntgenastronomie wesentlich jünger. Die erste stellare Quelle der Röntgenstrahlung wurde erst (und zwar durch Zufall) im Jahre 1962 entdeckt und bis Ende 1963 wurden nur noch insgesamt drei Röntgenquellen bekannt. Am Anfang hat die Röntgenastronomie Beobachtungen von Höhenforschungsraketen und -Ballonen benützt, da die Erdatmosphäre für die Röntgenstrahlung undurchlässig ist. Seit dem Jahre 1967 werden die Erdsatelliten benützt — bis heute wurden insgesamt 16 Satelliten mit wenigstens einem Experiment aus dem Gebiet der stellaren Röntgenastronomie gestartet. In dieser Zahl befinden sich auch die bemannten Raumflüge. Röntgenexperimente führten durch die Besatzungen der Orbitalstationen Salut, Skylab und des gemeinsamen Weltraumfluges ASTP/EPAS.

Einen Umsturz in der stellaren Röntgenastronomie verursachte der erste rein stellare Röntgensatellit SAS-1 (Uhuru), gestartet im Jahre 1970. Während vor dessen Start nur 35 Röntgenquellen bekannt waren, waren es nach der Uhuru-Arbeit schon 161 Objekte, die den neuesten Uhuru-Katalog 3U bilden.

Eine neue wichtige Etappe begann dann in den Jahren 1974 und 1975 mit den Starten der Satelliten ANS, Ariel 5, SAS-3 und OSO-8, die eine wesentlich vollkommenere Ausrüstung tragen.

2. Die Entstehung der Röntgenstrahlung im Weltraum

Theoretisch können folgende Typen von Spektren der kosmischen Röntgenquellen existieren:

- | | |
|--------------------------------|--|
| (1) das potentielle Spektrum | $N(E) dE = N_0 E^{-s} dE$ |
| (2) das exponentielle Spektrum | $N(E) dE = N_0 E^{-1} \exp(-E/kT) dE$ |
| (3) das thermische Spektrum | $N(E) dE = N_0 [\exp(E/kT) - 1]^{-1} E^3 dE$ |

wo $N(E) dE$ einen Photonenfluß im Energiebereich von E , k die Boltzmannsche Konstante, T die absolute Temperatur und s einen Spektralindex bedeuten.

Das potentielle Spektrum entsteht durch den Mechanismus der magnetischen Bremsstrahlung, das exponentielle Spektrum durch thermische Bremsstrahlung in einem optisch dünneren Plasma und das thermische Spektrum entsteht durch eine thermische Strahlung eines optisch dichteren Plasmas. Für die Entstehung der Röntgenstrahlung im Weltraum existiert noch ein Mechanismus: der inverse Compton-Effekt (die weniger energetischen Photonen wie z. B. Visuelllicht oder Infrarotstrahlung werden an den relativistischen Elektronen gestreut und damit entsteht die Röntgenemission). Man nimmt an, daß dieser Mechanismus den diffusen Röntgenhintergrund verursacht.

Die meisten Spektren von Röntgenquellen bilden zwei Gruppen, und zwar handelt es sich um die potentiellen Spektren (Gruppe Tau X-1 und Cyg X-1) und um die exponentiellen Spektren (Gruppe Sco X-1 und Cyg X-2). Um ein exponentielles Röntgenspektrum zu bekommen, braucht man eine sehr hohe Temperatur, etwa $10^7 - 10^8$ K. Die Theorien, die wir jetzt annehmen, erklären diese Tatsache mit der Massenakretion auf relativistische Objekte — weiße Zwerge, Neutronensterne und schwarze Löcher. Der Akretionsmechanismus ist sehr effektiv besonders dann, wenn diese Objekte eine Komponente in den Doppelsternen bilden (s. auch Abb. 4). Deshalb interessieren sich für die Röntgenastronomie auch die theoretischen Physiker, da sonst z. B. die schwarzen Löcher nie beobachtet werden könnten. Das potentielle Spektrum ist hauptsächlich bei den Supernova-Resten vorhanden (s. auch Abb. 5).

3. Die Beobachtungsgeräte für die Röntgenastronomie

Prinzipiell sind die Geräte für die solare und die stellare Röntgenastronomie dieselben. In der stellaren Röntgenastronomie arbeiten wir aber mit einem sehr schwachen Photonenstrom, so daß wir immer die möglichst größte effektive Fläche für die Detektion verlangen müssen. In der solaren Röntgenastronomie andererseits ist der Photonenstrom stark genug, so daß wir das möglichst größte Winkelauflösungsvermögen verlangen können. Während der Energiefluß der ruhigen Sonne etwa 10^{-4} erg

$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ in dem Bereich 1–10 keV beträgt und bei den großen Sonneneruptionen bis zu einigen $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ansteigt, ist die stärkste stellare Röntgenquelle mit $3 \times 10^{-7} \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ungefähr tausendmal schwächer. Die schwächsten Quellen des 3U Katalogs haben nur etwa $2 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, sind also zehnmillionenmal schwächer als die ruhige Sonne.

Die Beobachtungsgeräte teilen wir in zwei Gruppen: Detektoren und Teleskope.

a) Röntgendetektoren

Als Röntgendetektoren werden hauptsächlich die Gasdetektoren, die Szintillationsdetektoren, die Halbleiterdetektoren und die fotoelektrischen Elemente benutzt. Eine dominante Stellung haben die Flachendetektoren — die Szintillationsdetektoren für die harte und die proportionellen Gasdetektoren für die weiche Strahlung.

Die Szintillationsdetektoren bestehen aus dem eigenen Szintillator (meistens eine NaI oder CsI Platte) und aus dem Fotoelektronenvervielfacher, der die visuellen Photonen, die durch die Zusammenstöße zwischen den Röntgenphotonen und den Molekülen des Szintillators verursacht werden, registriert. Der Anzahl der visuellen Photonen ist die angestoßene Röntgenquantumenergie proportional, so daß die Analyse der Amplituden durchgeführt werden kann und damit ist möglich, auch das grobe Energiespektrum zu gewinnen. Die Szintillationsdetektoren sind tätig für die harte Röntgenstrahlung über 1 keV; über 10 keV haben dann die Gasdetektoren bessere Eigenschaften und werden also auch für das Gebiet der Gammastrahlung benutzt.

Die Gasdetektoren bestehen aus einer Schachtel (Kathode) und einem (oder auch mehreren) Metallfäden (Anode). Die Strahlung tritt durch ein Fenster in der Schachtel ein. Falls der Gasdetektor mit einer gewissen Spannung zwischen der Kathode und der Anode arbeitet, ist das Endsignal proportional der Energie des Röntgenquantums, so daß also wieder eine Amplitudenanalyse durchgeführt werden kann, um ein Spektrum zu erhalten. Als Gasfüllung dienen meistens Ar oder Ne, manchmal auch Kr, Xe und He, mit 10% CH_4 oder CO_2 . Mit den Gasdetektoren kann man zwischen 0,1 und 50 keV messen. Für die weiche Strahlung von 1 bis 0,1 keV muß die Fensterfolie sehr dünn sein, so daß die Gasfüllung entweicht und durch ein Gassystem nachgefüllt werden muß.

Die einfachen Flachendetektoren haben ein Sichtfeld von 2π Steradian. Deshalb werden die Kollimatorsysteme benutzt, die ein kleineres Sichtfeld begrenzen. Es werden verschiedene Kollimatoren verwendet, am meisten Gitter- oder Wabenplatten, die ein Winkelauflösungsvermögen bis zu $10'$ gestatten. Falls wir ein Kollimatorsystem mit 2 oder mehreren Gittern rotieren lassen, bekommen wir einen Modulationskollimator, der eine Auflösung bis zu $40''$ ermöglicht.

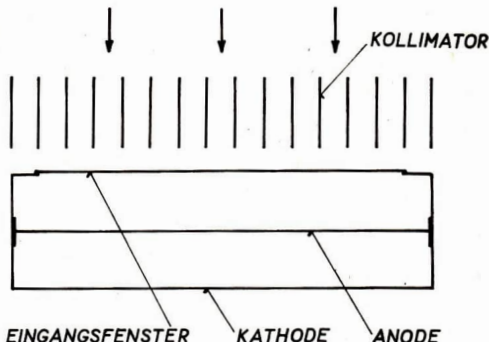
b) Röntgenteleskope

Die Röntgenteleskope werden in Teleskope der ersten und der zweiten Generation geteilt. Alle Teleskope verwenden die Röntgenobjektive verschiedener Typen. Die Röntgenoptik muß unbedingt mit den kleinen Fallwinkeln (wir meinen hier den Braggscen Fallwinkel = 90° — den klassischen Fallwinkel) arbeiten, etwa $1-5^\circ$, da nur unter solchen Bedingungen die Röntgenstrahlung mit genügender Effektivität reflektiert. Als Material für die Arbeitsoberflächen werden meistens Nickel, Gold oder Glas benutzt.

Die Teleskope der ersten Generation brauchen dies nicht, um eine Abbildung zu liefern, sondern arbeiten als Strahlungskollektoren, die die Röntgenstrahlung aus der Objektivfläche auf einen miniaturisierten Detektor in der Fokusebene fokussieren. Da die miniaturisierten Detektoren wesentlich bessere Eigenschaften als die großen Flachendetektoren (vor allem geringe Störung und Geräusche von der kosmischen Strahlung, geladenen Teilchen, eine geringe Anzahl von Falschimpulsen usw.) haben, ist diese Kombination sehr leistungsfähig. Z. B. hat das Teleskop mit der effektiven Fläche von 16 cm^2 die gleiche Leistung wie der Flachendetektor mit der effektiven Fläche von rund 1000 cm^2 . Mit Hilfe der Amplitudenanalyse kann wieder das grobe Spektrum gewonnen werden. Die Objektive der Teleskope der ersten Generation haben nur eine einzige Arbeitsfläche, fast ausschließlich ein Paraboloid. In dem Röntgengebiet werden die Teile des Paraboloids, die weit vom Fokus liegen, gebraucht (s. auch Abb. 2), und deshalb weist das Objektiv die Aberrationen aus. Ein Punkt, der um den Winkel β von der Achse entfernt liegt, wird in einem Fokusannuloid gebildet, mit den Radien von $R_{\text{max}} = f\beta$ und $R_{\text{min}} = f_1\beta$, wo f und f_1 die Brennweite, gemessen vom Anfang respektive Ende des Objektivs, bedeutet. Mit den Röntgenteleskopen der ersten Generation kann man eine Winkelauflösung bis zu $1'$ bekommen.

Die Röntgenteleskope der zweiten Generation dienen dazu, um eine Abbildung im Röntgenbereich zu gewinnen. Dazu braucht man ein aberrationsfreies Objektiv, das mindestens aus zwei Arbeitsflächen bestehen muß. Das kann die Kombination Paraboloid/Hyperboloid oder Paraboloid/Ellipsoid sein; die meisten heutigen Teleskope verwenden die erste Variante. Mit dieser Kombination kann die

Abb. 1:
Ein einfaches Kollima-
torsystem mit dem Gas-
detektor.



Winkelauflösung bei 1'' liegen, falls die heutige beste optische Technologie benützt wird. Um diese hohe Auflösung des Objektivs restlos auszunützen, darf in der Fokusebene kein einfacher Fokusempfangsdetektor, sondern muß eine spezielle Einrichtung zum Bildvermerk vorhanden sein. Prinzipiell können die versinnbildlichten proportionellen Gasdetektoren (mit vielen Anodendrähten), die Channel-Multipliersysteme, selten dann auch die Röntgenfilme (deren Empfindlichkeit nur gering ist) oder andere Kombinationen benützt werden.

Die Röntgenteleskope werden aber nicht nur gebraucht, um die Struktur der Objekte zu studieren. Einige Fokusdetektoren, wie z. B. proportionelle Gasdetektoren oder Halbleiterdetektoren, können auch die verschiedenen Energien auflösen und somit auch das grobe Spektrum des Objektes liefern. Das Energieauflösungsvermögen kann eventuell mit einem System von Transmissionsfiltern verbessert werden. Derartige Filter dienen auch bei den Röntgenteleskopen der zweiten Generation dazu, um Abbildungen in verschiedenen Wellenbereichen zu leisten.

Falls eine höhere Spektralaufklärung verlangt wird, werden dann die Röntgenspektrometer verwendet, die oft auch die Röntgenoptik ausnützen. Die hohe Spektralaufklärung haben die Braggsschen Kristallspektrometer; die Kristallfläche befindet sich vor oder hinter dem Objektiv, eventuell direkt auf der Arbeitsfläche, die die Strahlung fokussiert. Die Spektralaufklärung liegt dann bei $\lambda/\Delta\lambda \sim 1000$, aber der Arbeitsbereich ist eng. Die zweite Gruppe bilden die Gitterspektrografen; am meistens wird ein Gitter vor dem Röntgenobjektiv gebraucht. Die Spektralaufklärung ist dann nur $\lambda/\Delta\lambda \sim 50-100$, aber das Gerät arbeitet in einem breiten Wellenbereich.

4. Die kosmischen Röntgenquellen

Heute kennen wir schon mehr als 200 Quellen der kosmischen Röntgenemission. Den größten Teil davon hat der Uhuru-Satellit entdeckt. Der letzte Uhuru-Katalog 3U stammt aus dem Jahr 1974 und enthält die Angaben über 161 Röntgenquellen; es handelt sich um eine Übersicht von 85%

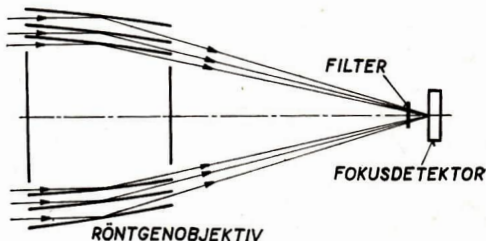


Abb. 2:
Schema des Röntgen-
teleskopes der 1. Genera-
tion mit dem dreiteiligen
paraboloidalen Objektiv.

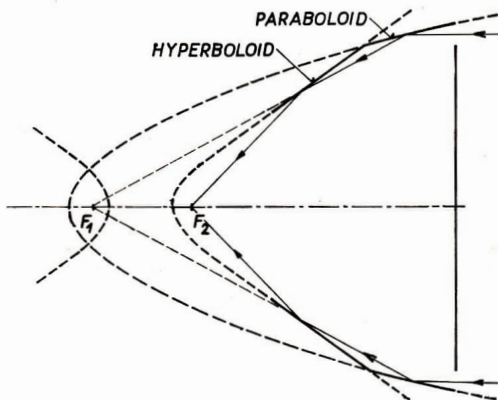


Abb. 3:
Das Röntgenobjektiv der
2. Generation mit den 2
Arbeitsflächen (Parabo-
loid/Hyperboloid-Kombi-
nation).

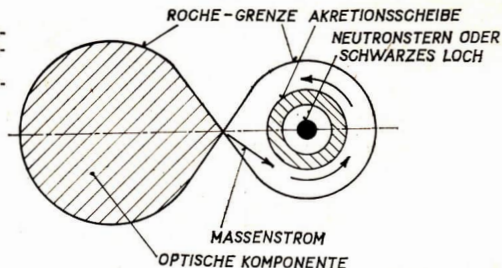
der Himmelskugel mit der Empfindlichkeit von $2 \times 10^{-10} \text{ erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ oder besser in dem Energiebereich von 2 bis 6 keV. Die Intensität der Quellen in diesem 3U-Katalog ist in Pulsen des Detektors pro Sekunde angegeben, und liegt zwischen 1 und 17000. Diese Einheit wird heute oft benutzt und als Uhuru-pulsen s^{-1} oder Uhuru-Einheit bezeichnet. Eine Uhuru-Einheit entspricht dem Energiestrom von $1,7 \times 10^{-11} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ in dem Energiebereich 2–6 keV. In dem 3U-Katalog sind aber noch nicht alle Uhuru-Messungen verarbeitet, sondern nur ein Teil davon. Der vorbereitende 4U-Katalog soll zwischen 200 und 300 Quellen enthalten.

Eine außerordentlich wichtige Sache in der Röntgenastronomie ist die Identifikation der Röntgenquellen mit den bekannten visuellen, Radio- oder Infrarot-Objekten. Da die Koordinaten in dem 3U-Katalog oft nicht sehr genau angegeben sind, waren die Identifikationen dieser Quellen schwierig. Trotzdem gelang es, aus diesem Katalog insgesamt 36 Quellen sicher zu identifizieren; für viele andere gibt es schon die Kandidaten, die aber noch nicht sicher sind. Von den über 40 später, nicht von Uhuru entdeckten Quellen, wurden bisher 10 Objekte sicher identifiziert. Da die neuen Satelliten, die sich jetzt in der Erdumlaufbahn befinden, wesentlich genauere Messungen ausführen können, erwartet man, daß die Anzahl der Identifikationen weiterhin schnell steigen wird. Es zeigte sich, daß der Röntgenhimmel gar nicht konstant ist. Wir wissen heute, daß mindestens 74 Röntgenquellen langfristig (das heißt Tage oder mehr) und mindestens 40 Röntgenquellen kurzfristig (das heißt Minuten oder Sekunden) veränderlich sind.

Die Röntgenquellen teilen wir in zwei Gruppen, in die Gruppe der galaktischen und der extragalaktischen Quellen. Die galaktischen Quellen liegen in einem Band entlang des galaktischen Äquators (galaktische Breiten zwischen -20° und $+20^\circ$) und besitzen die Röntgenluminositäten zwischen 10^{36} und $10^{38} \text{ erg s}^{-1}$. Das Verhältnis zwischen den galaktischen und extragalaktischen Objekten in dem 3U-Katalog wird auf 100:60 geschätzt. Von den galaktischen Quellen gelang es bisher insgesamt 27 Objekte sicher zu identifizieren, und zwar 7 Supernova-Reste, 5 Kugelsternhaufen, 2 eruptive Sterne, 9 Doppelsterne, 3 normale Sterne in der Sonnennähe und 1 Nova. Große physikalische Bedeutung haben die Röntgenquellen in den Doppelsternsystemen, den binären oder kompakten Quellen – mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich bei diesen Objekten um die größte Gruppe von Röntgenquellen überhaupt. In den niedrigen galaktischen Breiten sind nämlich etwa 50 Objekte, die Intensitätsvariationen ausweisen (etwa Tage) und mit einer einzigen Ausnahme enthält diese Gruppe alle unidentifizierten Quellen in den niedrigen galaktischen Breiten (die nicht allzuschwach sind, um den Intensitätswechsel beweisen zu können). Fast sicher handelt es sich um galaktische Objekte und sehr wahrscheinlich besitzen diese Quellen einen binären Charakter. Die binären Röntgenquellen (genau gesagt, deren optische Begleiter) sind bei gewissen Bedingungen als veränderliche Sterne beobachtbar.

Die zweite Gruppe bilden die extragalaktischen Objekte. Von diesen Quellen wurden schon 19 sicher identifiziert, darunter befinden sich 11 Galaxien-Clusters, 4 Radiogalaxien, 2 normale Galaxien,

Abb. 4:
Darstellung einer kompakten (binaren) Röntgenquelle im Doppelsystem mit dem Akkretionsmechanismus.



1 Seyfert-Galaxie und 1 Quasar. Eine Reihe von weiteren Identifikationen ist noch nicht sicher. Die Röntgenluminositäten liegen bei den extragalaktischen Objekten in den Grenzen 10^{39} erg s⁻¹ (für die normalen Galaxien) und 10^{45} erg s⁻¹ (Quasar).

5. Die neuen Entdeckungen in der Röntgenastronomie

Zu den großen Befunden in der stellaren Röntgenastronomie der letzten Zeit gehört die Identifikation einiger Röntgenquellen mit den Kugelsternhaufen, Entdeckung einer Gruppe von ausbrechenden Röntgenquellen, Entdeckung einer ganzen Reihe von starken vorübergehenden Quellen (sogenannten Röntgenovae) und Identifikation einer solchen mit klassischer visueller Nova, Entdeckung von Röntgeneruptionen bei den eruptiven Sternen, Befund der Quellen von sehr weicher Röntgenemission sowie auch die ersten Messungen der Röntgenstrahlung von Koronen der nahen Sterne.

Mit den Kugelsternhaufen wurden bisher 5 Röntgenquellen identifiziert. Es handelt sich um NGC 1851, 6440, 6441, 6624 und 7078. Diese Objekte sind in dem Röntgenbereich nicht konstant, sondern weisen einen Intensitätswechsel von etwa 1:2 bis 1:5 mit einer Periode von Wochen und Monaten aus. Von NGC 6624 wurden dazu noch sehr intensive Röntgenausbrüche gefunden, die in ihrem Verlauf sehr eigenartig sind — die Intensität erhöht sich etwa 30mal in einer Zeit kürzer als eine halbe Sekunde; der Rückgang dauert dann ungefähr 10 Sekunden. Die Röntgenstrahlung ist möglicherweise durch eine Massenakkretion auf ein schwarzes Riesenloch, das sich im Zentrum des Kugelsternhaufens befindet und eine Masse von 100 bis 1000 Sonnenmassen besitzt, verursacht. Es existieren aber auch andere Hypothesen, die eine größere Menge von kleineren relativistischen Objekten voraussetzen.

Die Röntgenquellen in den Kugelsternhaufen sind wahrscheinlich mit der neu entdeckten Gruppe der ausbrechenden Röntgenquellen verwandt. Bis heute kennen wir insgesamt 10 ausbrechende Quellen, deren Eigenschaften (vor allem die kurzfristig sich wiederholenden Ausbrüche) spezifisch und ganz

Tabelle 1: Die Charakteristik der ausgewählten binären Röntgenquellen

Quelle	Kurzfristige Veränderlichkeit	Binäre Periode	Optische Komponente	Entfernung (kpc)	Maximale Röntgenluminosität (erg s ⁻¹)
Her X-1 (3U1653 + 35)	1,24 s periodisch	1970	HZ Her 13 ^m – 15 ^m , B8 – F3	2–6	1×10^{37}
Cen X-3 (3U1118 – 60)	4,84 s periodisch	2409	Krzem. Stern 13 ^m , O – B	5–10	3×10^{37}
Cyg X-1 (3U1956 + 35)	~1 ms quasiperiodisch	5460	HDE 226868 9 ^m , BOIb	2	1×10^{37}
Vela X-1 (3U0900 – 40)	~1 s unregelmäßig	8495	HD 77581 6 ^m , BO, 5Ib	1,3	4×10^{34}
3U1700 – 37	~0,1 s unregelmäßig	3441	HD 153919 6 ^m , 07I	1,7	3×10^{34}
Sco X-1 (3U1617 – 15)	~1 min unregelmäßig	0479	V 818 Sco 12 ^m – 13 ^m	0,5	1×10^{37}
Cyg X-3 (3U2030 + 40)	~1 min unregelmäßig	0420	IR Quelle	10	6×10^{37}
SMC X-1 (3U0115 – 73)	~1 min unregelmäßig	3489	Sk 160 13 ^m , BOIb	60	3×10^{34}

anders als bei den anderen Typen der Röntgenquellen sind. Die genaueste Untersuchung liegt heute von der Gruppe von 5 solchen Objekten im Sternbild Skorpion vor. Bei 4 Objekten dieser Gruppe wiederholen sich die Ausbrüche mit einem mittleren Intervall von 0,18, 0,20, 0,55 und 1,46 Tagen; die letzte Quelle weist ein mittleres Intervall zwischen den Pulsen von etwa 1 Minute aus. Die Ausbrüche sind unregelmäßig und in manchen Zeiträumen sind sie gar nicht vorhanden. Bei der sehr kurzen Zeit des Ausbruchsanstieges ist es höchstwahrscheinlich, daß die Röntgenausbrüche in einem wesentlich kleineren Gebiet entstehen, als es für die normalen undegenerierten Sterne nötig wäre. Da die Röntgenpulse unregelmäßig sind, ist klar, daß es sich um keinen Bedeckungs- oder Rotationsmechanismus handelt. Bisher existieren zwei Hypothesen für die ausbrechenden Röntgenquellen. Die erste Hypothese setzt die Unstabilitäten des Plasmas in der Magnetosphäre eines Neutronsterns im Doppelsternsystem voraus; die Röntgenstrahlung entsteht hier durch den Accretionsmechanismus. Die zweite Hypothese basiert (wie oben erwähnt) auf der Massenaccretion an ein schwarzes Riesenloch (mit der Masse etwa 100—1000 Sonnenmassen) im Kern eines Kugelsternhaufens. Die interessante Theorie verbindet also die beiden neuentdeckten Gruppen der Röntgenquellen: die Quellen in den Kugelsternhaufen und die ausbrechenden Quellen. Für die zweite Hypothese zeugt die Tatsache, daß es durch neueste Untersuchungen gelang, 3 von 10 ausbrechenden Röntgenquellen in Kugelsternhaufen mit relativ großer Wahrscheinlichkeit zu identifizieren, daß 3 weitere Quellen in der Nähe des galaktischen Zentrums liegen und es sich also auch um die unsichtbaren Kugelsternhaufen handeln kann, und daß die Koordinaten von anderen Objekten dieser Gruppe noch nicht sehr genau bestimmt sind, so daß die Identifizierung schwierig ist.

Außerordentlich interessant sind auch die vorübergehenden Röntgenquellen. Heute werden diese Objekte oft auch als X-Novae benannt, weil sie sich im X-Bereich ähnlich wie die klassischen Novae im visuellen Bereich verhalten. Wir kennen schon 16 solcher Objekte, davon wurden 10 von den neuen Satelliten nach dem Oktober 1974 entdeckt. Es existieren drei Gruppen: mit Ausbrüchen kürzer als 1 Stunde, die kurzfristigen vorübergehenden Quellen mit einer Dauer von etwa 10 Tagen und die langfristigen Quellen mit einer Dauer von etwa 100 Tagen oder mehr.

Bedeutend war der Fall der vorübergehenden Quelle A 0620-00 im August 1975. Dieses Objekt wurde damals mit ungefähr 20000 Uhuru-Einheiten die stärkste kosmische Röntgenquelle überhaupt. Im Hinblick auf die Angaben der Röntgensatelliten wurden die photographischen Himmelsüberwachungsplatten untersucht und es gelang, auf der angegebenen Stelle eine visuelle Nova, nämlich die Nova Monocerotis 1975, zu finden und auch im visuellen Bereich das Objekt zu studieren. Die Zusammenarbeit der klassischen und der Röntgenastronomen ist eine ganz wichtige Sache, und die Plattenarchive spielen hier eine große Rolle. Auch das zweitgrößte Himmelsüberwachungsarchiv der Erde an der Sonneberger Sternwarte des Zentralinstituts für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR wird bei solcher Arbeit ausgenutzt; besonders das ältere Beobachtungsmaterial ist dort für unsere Arbeit sehr wichtig. Wie der Fall der Nova Monocerotis 1975 zeigt, ist eine laufende Himmelsüberwachung im visuellen und im Röntgenbereich jederzeit außerordentlich nützlich, da man immer neue Befunde erwarten kann. Nova Monocerotis 1975 strahlte auch im Radiobereich aus. Im visuellen Bereich erzielte die Erhellung etwa 8^m , und zwar von 20^m bis zu 12^m . Es handelt sich um eine rekurrente Nova, da auf den Platten eines Himmelsüberwachungsarchivs noch eine Erhellung (im Jahre 1917) gefunden wurde. Die Röntgenastronomen bemühten sich, auch die eventuelle Röntgenstrahlung der bekannten Nova Cygni 1975 zu messen, aber die Beobachtungen waren erfolglos. Die eventuelle Röntgenemission lag also unter den Empfindlichkeitsgrenzen der heutigen

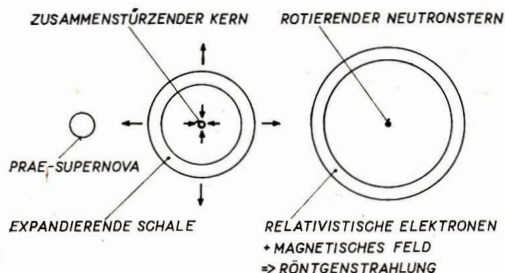
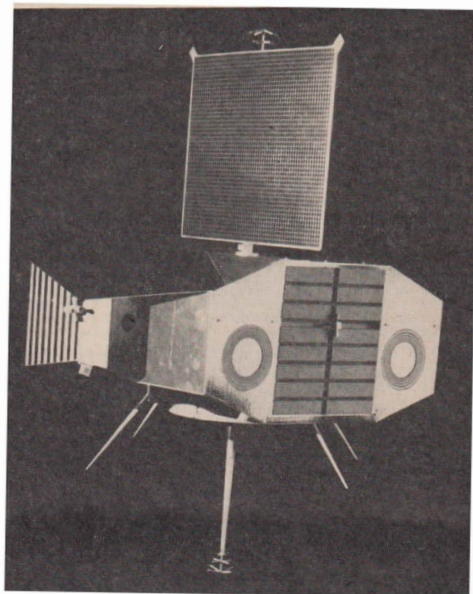


Abb. 5:
Ein Supernova-Rest als
eine Röntgenquelle (von
links nach rechts die drei
Entwicklungsstadien).

Abb. 6:
 Einer der stellaren
 Röntgensatelliten — der
 EXOSAT, der 1980 in die
 Erdumlaufbahn gebracht
 werden soll.



Röntgendetektoren. Im Maximum war die Nova Cygni 1975 im Röntgenbereich mindestens 10000mal schwächer als im visuellen Bereich; die Nova Monocerotis 1975 andererseits war im Röntgenbereich etwa 1000mal heller als im visuellen Bereich (falls wir die angegebenen Luminositäten vergleichen). Interessant ist weiterhin die Tatsache, daß mit einigen Ausnahmen die bisher bekannten vorübergehenden Röntgenquellen einige der hellsten Objekte am Röntgenhimmel wurden. Auch bei mehreren „normalen“ Röntgenquellen (wie z. B. Cyg X-1 und Aql X-1) sind starke Helligkeitsübergänge bekannt; die Röntgenluminosität ändert sich bei diesen Objekten bis zu 20mal. Es ist möglich, daß die binären und die vorübergehenden Röntgenquellen physikalisch verwandt sind.

In letzter Zeit wurde auch nach der weichen Röntgenemission von nahen Sternen gesucht. Zuerst war zwar diese Suche erfolglos (z. B. das Experiment auf dem Orbitallabor Skylab), heute aber kennen wir schon 3 nahe Sterne, deren Koronen im weichen Röntgenbereich leuchten. Es handelt sich um Capella (α Aurigae), Sirius (α Canis Maioris) und Rigel (β Orionis). Die Capella hat eine Röntgenluminosität von 10^{29} erg s⁻¹ im gleichen Bereich und Rigel 10^{32} erg s⁻¹ im Bereich 0,14–0,28 keV. Übrigens, die Verbreitung der Messungen im weichen Bereich (das heißt für die Wellenlängen größer als 10 Å) bringt auch neue Aspekte mit, die nicht nur für die Beobachtungen der Röntgenquellen wichtig sind. Im weichen Röntgenbereich ist nämlich eine ziemlich starke Absorption vom neutralen Wasserstoff vorhanden, so daß die Wasserstoffdistribution oder die interstellare oder intergalaktische Absorption studiert werden kann. Aus solchen Messungen können eventuell dann auch die Entfernungen von Röntgenquellen geschätzt werden.

Als die stellare Röntgenastronomie begann, wurde etwas Neues erwartet. Aber die vielen Erfolge, die wir in relativ sehr kurzer Zeit gewonnen haben, haben alle Erwartungen übertroffen. Und das ist auch der Hauptanlaß für die stürmische Entwicklung der Röntgenastronomie in unserer Zeit und eine Gewähr dafür, daß wir uns auf viele neue Entdeckungen und Erkenntnisse freuen dürfen.

Gedanken über das Verhältnis der Astronomie zur Philosophie

Dr. RENATE WAHSNER

„Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht: Der gestirnte Himmel über mir und das moralische Gesetz in mir.“ [1]

Mit diesen Worten charakterisierte Kant seine Lösung des Konflikts zwischen Naturnotwendigkeit und Freiheit. Der gestirnte Himmel ist dem Begründer der klassischen deutschen Philosophie hier Symbol für die außerhalb des Menschen existierende, einer strengen Gesetzmäßigkeit unterworfenen Natur. Die Wissenschaft, die sich mit ihm befaßt, könnte so leicht, wenn nicht als Repräsentant der Naturwissenschaft, so doch als ausgezeichnete Disziplin unter den Naturwissenschaften angesehen werden. Tatsächlich trifft man gegenwärtig solche Meinungen ja auch an. Doch müssen sie auch schon früher vorgekommen sein, denn Hegel schreibt in seiner „Logik“:

„Es hat Astronomen gegeben, die sich auf das Erhabene ihrer Wissenschaft gern darum viel zugute taten, weil sie mit einer unermesslichen Menge von Sternen, mit so unermesslichen Räumen und Zeiten zu tun habe, in denen Entfernungen und Perioden, die für sich schon so groß sind, zu Einheiten dienen, welche noch so vielmal genommen, sich wieder zur Unbedeutendheit verkürzen. Das schale Erstaunen, dem sie sich dabei überlassen, die abgeschmackten Hoffnungen, erst noch in jenem Leben von einem Sterne zum andern zu reisen und ins Unermessliche fort dergleichen neue Kenntnisse zu erwerben, gaben sie für ein Hauptmoment der Vortrefflichkeit ihrer Wissenschaft aus.“ [2]

Das Unendliche wird gewissermaßen als sinnlich-konkreter Gegenstand der Astronomie genommen. Dabei setzt man es mit dem „Größten“, dem „Umfangreichsten“, dem „Unermesslichen“ gleich oder – sofern es die Teildisziplin Kosmologie betrifft – mit der Welt als Ganzem. Hierdurch meint man, sich mit den gleichen Problemen wie die Philosophie zu befassen, Probleme, um die sich die Philosophie bislang vergeblich bemüht hat, zu lösen oder doch zumindest den astronomischen gegenüber den anderen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen eine besondere, sozusagen unmittelbar weltanschauliche oder philosophische Bedeutung zuschreiben zu können. (Mitunter sieht man hierin sogar die einzige „Nutzanwendung“ der Astronomie.)¹⁾

Der Glaube, daß es möglich sei, das Unendliche wie einen sinnlich-konkreten Gegenstand zu behandeln, daß man es überhaupt nur so fassen kann und die Ernennung der Astronomie zur Fastsehens-Philosophie, das Verwischen der Unterschiede zwischen naturwissenschaftlichem und philosophischem Herangehen an die Natur sind nur die zwei Seiten einer Medaille.

Nach beiden Seiten deubar sind Formulierungen, wie man sie z. B. in einer kürzlich erschienenen Broschüre findet [3]. Dort kann man lesen, daß die Astronomie weltanschauliche Auseinandersetzungen über Vorstellungen vom Weltall fördert, weil sie weit entfernte Objekte erforscht, die meistens einem direkten Studium nicht zugänglich sind, weil sie Veränderungen im Kosmos studiert, die sich in unvorstellbaren Zeiträumen vollziehen und weil sie bei der ideellen Widerspiegelung der Erkenntnisobjekte nicht experimentieren könne, sondern fast nur auf die Beobachtung angewiesen sei. Soll hieraus folgen, daß unmögliche Experimente durch Spekulation oder philosophische Erörterungen ersetzt werden müssen? Findet man in den weit entfernten Objekten und den unvorstellbaren Zeiträumen das Unendliche, das zu fassen sich die Philosophie seit ihrem Bestehen bemüht? Folgt aus der Situation, in der sich die Astronomie befindet, daß sie keinesfalls ohne Philosophie auskommt? Soll gesagt werden: Astronomie und Philosophie experimentieren beide nicht, deshalb sind sie eng verwandt?

Es bleibt offen, was eigentlich gemeint ist? Man kann durchaus eine direkte Kopplung von Philosophie und Astronomie herauslesen, zumal einige Zeilen vorher behauptet wurde, die astronomische Wissenschaft weise den Wahrheitsgehalt der philosophischen Thesen von der materiellen Einheit der Welt, der Unerschöpflichkeit der Materie und der Welt als Entwicklungsprozeß nach und es so versteht, daß spektralanalytische Untersuchungen der Himmelskörper die These von der materiellen Einheit der Welt erhärten, da durch sie bewiesen werden konnte, daß diese Objekte im Prinzip aus den gleichen chemischen Elementen bestehen wie die Erde.²⁾

¹⁾ Es ist überhaupt die Tendenz zu verzeichnen, daß Einzelwissenschaftler meinen, ihr Fachgebiet stehe in einem besonders engen Verhältnis zur Philosophie. Subjektiv ist das verständlich, da sie den Zugang zur Philosophie über ihre Einzelwissenschaft finden. Prinzipiell aber ist jede einzelwissenschaftliche Sicht zu schmal, um zum philosophischen Verständnis der Welt zu gelangen. Die Philosophie muß sich auf die Erkenntnisse aller Fachdisziplinen stützen.

²⁾ Der Nachweis, daß die Himmelskörper nicht aus prinzipiell anderem Material bestehen als die irdischen Körper, hatte seinerzeit große weltanschauliche Bedeutung. Er war ein Beleg für die naturgesetzliche Einheit von Erde und Kosmos. Aus diesem Nachweis wurde aber gerade die Astronomie zu einer physikalischen Disziplin, gab sie ihre elitäre Stellung, ihr besonderes Dasein neben der irdischen Physik auf. Heute kann die naturgesetzliche Einheit von Erde und Kosmos als bewiesen vorausgesetzt werden und spektralanalytische Untersuchungen der Himmelskörper „erhärten“ die materielle Ein-

Es ist nicht zu verstehen, wie man so etwas behaupten kann. Prinzipiell verhalten sich dialektisch-materialistische Philosophie und Naturwissenschaft nicht so zueinander. Natürlich gibt es einen Zusammenhang zwischen ihnen. Aber wie sieht er aus? Und: Bedingen die vermutlichen Besonderheiten der Astronomie ein anderes Verhältnis? Um diese Fragen zu beantworten, ist es erforderlich, etwas weiter auszuholen.

Im Anschluß an seine bereits zitierten Worte schreibt Hegel, daß die astronomische Wissenschaft „bewundernswürdig ist, nicht um solcher quantitativer Unendlichkeit willen, sondern im Gegenteil um der Maßverhältnisse und der Gesetze willen, welche die Vernunft in diesen Gegenständen erkennt.“ [2a]

Die Astronomie ist also bewundernswürdig, weil man in dem vermeintlich Unermeßlichen Maßverhältnisse gefunden, d. h. die Unermeßlichkeit gerade widerlegt hat.

Was sind das für Maßverhältnisse und Gesetze? Wie erkennt sie die Vernunft? Jeder wird es für legitim halten, die letzte Frage durch: Wie erkennt sie der Mensch? zu ersetzen. Dennoch steckt hierin die ganze Umkehrung der Hegelschen Dialektik vom Kopf auf die Füße. Aber hierüber soll nicht direkt gesprochen werden.

Wie erkennt also der Mensch Maßverhältnisse und Gesetze in der Natur? Der Mensch erkennt, indem er arbeitet. Nicht, daß Erkenntnis und Arbeit ein und dasselbe wären, aber das eine geht nicht ohne das andere. Die Arbeit ist — wie Marx im „Kapital“ erklärt —

„ein Prozeß, worin der Mensch seinen Stoffwechsel mit der Natur durch seine eigene Tat vermittelt, regelt und kontrolliert.“

„Sie ist zweckmäßige Tätigkeit zur Herstellung von Gebrauchswerten, Aneignung des Natürlichen für menschliche Bedürfnisse, ... ewige Naturbedingung des menschlichen Lebens.“ [4]

Sie ist ewige Naturbedingung des menschlichen Lebens auch in dem Sinne, daß sich mit ihr und nur durch sie das menschliche Bewußtsein und das menschliche Denken entwickelt. Das wird deutlich, beachtet man auch nur den Gesichtspunkt, daß Arbeit durch Produktion von Werkzeugen gekennzeichnet ist. Indem der Mensch ein Werkzeug herstellt, tut er etwas, das sein eigentliches oder ursprüngliches Bedürfnis nicht befriedigt. (Er hat Hunger, aber den Stein, der er behaut, kann er nicht essen.) Er stellt es aber her, um dieses Bedürfnis zu befriedigen, muß also das Ziel seiner Handlung ständig im Auge behalten, das Ende seiner Handlung geistig vorwegnehmen. Arbeit bedingt Planung. Im Laufe der Menschheitsgeschichte wird der Prozeß komplizierter und vielgliedriger; der Mensch muß immer weiter vorausdenken, was nur möglich ist, erkennt er die Prozesse in ihren objektiven Gesetzmäßigkeiten. In einem bestimmten Stadium werden diese Erkenntnisse zur Wissenschaft. Im Arbeitsprozeß und um ihn zu ermöglichen, erzeugt der Mensch Wissenschaft und Technik. **Die Wissenschaft selbst ist Arbeit, allgemeine Arbeit.**

„Allgemeine Arbeit ist alle Wissenschaft, alle Entdeckung, alle Erfindung.“ [5]

Um die Ergebnisse der Naturwissenschaft philosophisch zu verstehen, muß man sie als Arbeitsprodukte naturwissenschaftlicher Arbeit voraussetzen [6] und die naturwissenschaftliche Arbeit ihrerseits in den gesamtgesellschaftlichen Produktionsprozeß einordnen. **Betrachtet man die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse unabhängig von ihrer Entstehung, ist jede sogenannte „philosophische Interpretation“ reine Mystik.**

Über den Zusammenhang von Produktion und Produkt schreibt Marx:

„Der Prozeß erlischt im Produkt. Sein Produkt ist ein Gebrauchswert, ein durch Formveränderung menschlichen Bedürfnissen angeeigneter Naturstoff. Die Arbeit hat sich mit ihrem Gegenstand verbunden. Sie ist vergegenständlicht, und der Gegenstand ist verarbeitet. Was auf seiten des Arbeiters in der Form der Unruhe erschien, erscheint nun als ruhende Eigenschaft, in der Form des Seins, auf seiten des Produkts. Er hat gesponnen, und das Produkt ist ein Ge spinst.“ [7]

In der gleichen Weise wie der Gebrauchswert, der sinnlich-konkrete Gegenstand ohne die Tätigkeit des Arbeiters nicht Wirklichkeit wird, erlangen die Aussagen der Naturwissenschaft keine Realität ohne die messende, experimentierende und denkende Tätigkeit des Naturforschers. In der gleichen Weise, wie der Charakter der sinnlich-konkreten Tätigkeit des Arbeiters den Charakter seines er-

heit der Welt nicht mehr als die Harnstoffsynthese, die seinerzeit von überragender weltanschaulicher Bedeutung war, da sie die Behauptung von der prinzipiellen Schranke zwischen Anorganischem und Organischem widerlegte. Es zeugt von völligem Unverständnis für philosophische Aussagen, wenn man etwa meint, die materielle Einheit der Welt bedeute, daß das Universum aus einheitlichem Grundmaterial aufgebaut sei und daß somit die Astronomie die philosophische These anschaulich vor Augen führe.

zeugten Gegenstandes bestimmt, bestimmt die Art und Weise der allgemein-abstrakten naturwissenschaftlichen Arbeit den Charakter ihrer Produkte.³⁾

Nehmen wir als Beispiel die Physik. Die physikalischen Naturgesetze liegen in Form von Größen-gleichungen vor. Jede Größe erhält aber erst durch die sie bestimmende Messung eine physikalische Bedeutung.⁴⁾ Größenarten sind Produkte von Meßarten. Während nun aber Ergebnis der sinnlich-konkreten Arbeit ein sinnlich-konkreter Gegenstand ist, entstanden durch die zweckbestimmte Veränderung vorliegender Naturgegenstände, handelt es sich bei den physikalischen Größen um Abstraktionsklassen, entstanden durch die Vergleichsarbeit des Messens, bei der die natürlichen Dinge gerade nicht verändert werden sollen. Sie werden als bestehend, als „an sich“ existierend vorausgesetzt.

Die Schwierigkeit der Größenbildung besteht darin, eine Gleichartigkeit herauszufinden, z. B. daß die verschiedenen Gegenstände Länge haben. Marx hatte bei der Bildung des Wertbegriffs mit den gleichen Problemen zu ringen.

„... die Schwierigkeit liegt darin, A mit irgendeiner Menge B gleichzusetzen, und dies ist nur möglich, wenn eine gewisse Einheit für A und B besteht oder wenn A und B verschiedene Darstellungen derselben Einheit sind ... A, B, C müssen als etwas betrachtet werden, das verschieden ist von dem, was sie als Dinge ... sind, ... sollen sie als gleichwertige Ausdrücke derselben Einheit behandelt werden ... Sie sind Äquivalente ... Es machte nichts aus, wenn sie ungleiche Ausdrücke wären, etwa $A > 4B$ oder $A < 4B$. In allen diesen Fällen sind sie, sofern sie Werte sind, nur in der Quantität verschieden oder gleich, sind aber stets Quantitäten der gleichen Qualität. Die Schwierigkeit besteht darin, diese Qualität zu finden.“ [8]

Ist diese Qualität durch Vergleichsarbeit gefunden, die Größenart „Länge“ z. B. gebildet worden, so wird aus der Familie der Abstraktionsklassen, die die genannte Größenart darstellen, eine als Maßeinheit ausgewählt und angegeben, wie praktisch festgestellt werden soll, daß eine beliebige Größe ein Vielfaches der Maßeinheit darstellt.

Die Größen sind die Objekte der Physik. Die Naturgesetze werden nun dadurch bestimmt, daß verschiedene Größenarten, die unmittelbar nicht miteinander vergleichbar sind (z. B. Länge und Zeit), dennoch in ein Gleichgewichtsverhältnis gebracht werden. In welches, das läßt sich nur auf experimentellem Wege feststellen. Dabei werden die betrachteten Größenarten als Variable vorausgesetzt. Der Experimentator erteilt nun der einen Variablen nacheinander verschiedene Werte und beobachtet, welche Werte dabei die andere Variable annimmt. (Wir nehmen an, der Experimentator beschränke sich auf zwei Größen). Der Mensch setzt also den Wert der einen Variablen und fordert die äußere Natur auf, die von ihr abhängige andere Variable zu bewerten. Reagiert die äußere Natur in wiederholter Aufforderung stets mit demselben Wert, ist das Experiment gelungen, die erforschte Beziehung erkannt.

Diese experimentelle Feststellung von Wertepaaren (bei Beschränkung auf zwei Größenarten) ist praktische Abbildungsarbeit. Durch sie werden die physikalischen Größengleichungen, die physikalischen Naturgesetze gewonnen. Diese beruhen also auf dem Prinzip des Vergleichens. Sie beruhen auf dem Prinzip des Gleichsetzens von auseinander bestehenden Naturdingen bezüglich bestimmter Merkmale.

Wenn wir das festhalten, haben wir den Ansatzpunkt, um die Beziehung von Naturwissenschaft und Philosophie zu erfassen, die sich zueinander verhalten wie Vergleichen und Verändern, wie Experiment zu menschlicher Arbeit insgesamt.

Verabsolutiert man — wie etwa der metaphysische Materialismus — das Vorgehen der Naturwissenschaft, das Gleichsetzen im o. g. Sinne, so erscheint die Natur als eine Sammlung streng gegeneinander abgegrenzter Objekte.

Die Erkenntnis aber, daß solche strengen „Gegensätze und Unterschiede in der Natur zwar vorkommen, aber nur mit relativer Gültigkeit, daß dagegen jene ihre vorgestellte Starrheit und absolute Gültigkeit erst durch unsere Reflexion in die Natur hineingetragen ist, diese Erkenntnis macht den Kernpunkt der dialektischen Auffassung der Natur aus.“ [9]

Um zu verstehen, warum diese vorgestellte Starrheit in die Natur hineingetragen wurde, muß man den Gegenstand und die Methode der Naturwissenschaft (und der Mathematik) kennen. Nur so

³⁾ Hieraus kann man keineswegs ableiten, Naturgesetze seien etwas Subjektives. Sie sind es genauso wenig, wie das Gespinnst etwas rein Subjektives ist, denn es wird hergestellt durch die Veränderung realer Naturgegenstände und die Veränderung geschah durch das Einwirken anderer realer Naturgegenstände. Die Veränderung war ein objektiver, vom Menschen gesteuerter Naturprozeß. Die durch die messende, experimentierende und denkende Tätigkeit des Naturforschers produzierten Aussagen erfassen objektive Naturgesetzmäßigkeiten.

⁴⁾ So wird die Größenart „Länge“ durch folgende Handlungsvorschrift eingeführt: Zwei Gegenstände sind genau dann gleichlang, wenn man nach Überlagerung der beiden feststellen kann, daß sie sich vollständig decken. Tun sie das nicht, so ist der eine Gegenstand von geringerer Länge als der andere. Die Überlagerung ist jene Handlung, die zur Längenmessung ausgeführt werden muß, zu erfüllender Norm die vollständige Deckung. Diese wird natürlich nie absolut erreicht, sondern die Folge der Vergleichshandlungen wird abgebrochen, wenn die Meßgenauigkeit für den vorgesehenen Zweck ausreicht.

kann man zur Einsicht gelangen, daß es für die naturwissenschaftliche Erkenntnis notwendig ist, Grenzen zu fixieren, Begriffe streng gegeneinander abzugrenzen. Hieraus folgt die Spezifik der Naturwissenschaft, keineswegs aber, daß sie metaphysisch wäre. Letzteres kann man nur ableiten, wenn man diese Spezifik negiert, weil man über die Art und Weise, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden, nicht nachdenkt, naturwissenschaftliche Erkenntnisse nicht als Produkt menschlicher Vergleichsarbeit begreift.

Die Vorgehensweise der Naturwissenschaft ist notwendig, aber es ist nicht die gesamte Vorgehensweise. Sie ist es nicht, weil mit dem Gleichsetzen außeinander bestehender Naturdinge bezüglich bestimmter Merkmale eben nur die eine Seite ihrer Beziehungen erfaßt ist. Die Naturdinge sind zugleich wesentlich ungleich, haben widerstreitende Eigenschaften. Sie wirken gegeneinander und verändern sich somit, verwandeln sich ineinander. Sie produzieren ihren Zusammenhang. Gerade diese Seite der Sache ist — unter Einschuß des Moments der Gleichheit der Dinge — Gegenstand des philosophischen Interesses. Die Naturdialektik besteht im Nachweis der Geschichtlichkeit der Natur.⁴⁾ Die naturwissenschaftlichen Ergebnisse liefern hierfür notwendige Voraussetzungen, weil nur über sie auf wissenschaftliche Weise der empirische Kontakt zur Wirklichkeit hergestellt werden kann. Sie machen die philosophischen Thesen beweisbar, beweisen sie aber nicht selbst. Das können sie nicht auf Grund der Art und Weise, auf die sie gewonnen wurden. Erst wenn sie in den gesamten menschlichen Erkenntnisprozeß — der nur als Moment des gesamtgesellschaftlichen Arbeitsprozesses verstanden werden kann — eingeordnet, ihre Voraussetzungen bestimmt werden, können aus ihnen weltanschauliche Konsequenzen gezogen werden. Diese Einordnung kann aber nur vom Standpunkt der Philosophie aus vorgenommen werden.

Die Notwendigkeit dieser Einordnung sieht man schon ein, wenn man auch nur daran denkt, daß die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse in naturwissenschaftlichen Begriffen formuliert sind, die sich aus o. g. Gründe eben von den philosophischen unterscheiden⁵⁾. Das trifft auch dann zu, wenn gleiche Wörter benutzt werden (z. B. „Materie“ oder „Unendlichkeit“). Ja, dann ist es sogar besonders notwendig, um Mißverständnisse zu vermeiden. Bevor man zur philosophischen Behandlung gelangt, müssen verschiedene Begriffe, die durch dasselbe Wort bezeichnet werden, voneinander abgegrenzt werden. Das ist eine notwendige Vorstufe zur philosophischen Behandlung. Diese besteht darin, das Abgegrenzte aufeinander zu beziehen. Also erst nachdem ich gesagt habe, daß und wie sich z. B. physikalischer und philosophischer Materie- bzw. Unendlichkeitsbegriff unterscheiden, kann ich darstellen, daß ersterer nur ein Moment des philosophischen erfaßt und um welchen Aspekt es sich handelt [10].

Nur bei oberflächlicher Betrachtung kann es so scheinen, als stünde das hier skizzierte Verhältnis von Philosophie und Naturwissenschaft im Widerspruch zu der Leninschen Formulierung, daß die Physik dabei sei, den dialektischen Materialismus zu gebären. Denn hiermit war gemeint, daß die Philosophie für die Lösung der von der modernen Naturwissenschaft aufgeworfenen erkenntnistheoretischen Fragen notwendig sei und daß nur der dialektische und historische Materialismus dies leisten kann. Bei der sogenannten Krise der Physik zu Lenins Zeiten ging es gerade darum, daß man Zustandekommen und Veränderbarkeit unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnisse nicht begriff. Das ist auch nur durch die Philosophie möglich. Die Krise der Physik war also die schwere Geburt der Einsicht in die Notwendigkeit der Philosophie für die Naturwissenschaft, für ihr Selbstverständnis sowie für ihre Weiterentwicklung.

Umgekehrt hatten wir aber auch die Naturwissenschaft als notwendige Voraussetzung der Naturdialektik festgestellt. Beide benötigen also einander, aber keine kann jemals die Rolle der anderen übernehmen, und jede kann ihre Aussagen nur selbst beweisen.

Daß die Naturwissenschaft ihre Erkenntnisse auf experimentellem Wege gewinnt, war Ausgangspunkt, um ihr Verhältnis zur Philosophie zu bestimmen. Es könnte nun der Einwand kommen, daß die Beziehung der Astronomie zur Philosophie anders sei, da die Astronomie nicht experimentiere. Bis Ende des 17. Jahrhunderts hätte dieser Einwand vielleicht akzeptiert werden können. Doch seitdem Newton die klassische Mechanik ausarbeitete, die aus der Synthese von Keplers theoretischer Astronomie und Galileis Ergebnissen bei der experimentellen Erforschung der Bewegung irdischer Massen entstand und somit eben zugleich auch Himmelsmechanik ist, seitdem ist dieser Einwand undiskutabel. Die Newtonsche Physik begründete ja gerade die naturgesetzliche Einheit von Erde und

⁴⁾ Die Dialektik zeigt — wie Lenin sagt —, wie die Gegensätze identisch werden können. Die Begriffe, die sie hierbei verwendet, können nicht durch die experimentelle Methode gewonnen werden. Sie werden durch polare Entgegensetzung bestimmt. Zufall ist die dialektische Negation von Notwendigkeit, Unendlichkeit die dialektische Negation von Endlichkeit. Um zu wissen, was dialektische Negation ist, muß man die Philosophie studieren.

⁵⁾ Man kann also gar nicht für eine physikalische Größengleichung außer der physikalischen noch eine sogenannte philosophische Interpretation geben.

Kosmos [11]. Seitdem ist Physik die Einheit von irdischer und kosmischer Physik. Die Rolle, die die Entdeckung der Spektrallinien im Licht der Sonne für die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Himmelskörper, Atom- und Quantenphysik für die Theorie der Sternatmosphären in der speziellen Relativitätstheorie und Kernphysik zur Lösung der Frage nach den Energiequellen der Strahlung normaler Sterne spielte, die allgemeine Relativitätstheorie für die Verallgemeinerung der Newtonschen Gravitationstheorie, läßt es sogar ins Auge springen, daß die in irdischen Laboratorien erforschten physikalischen Gesetze Grundlage für die Untersuchung kosmischer Erscheinungen wurden. Man könnte diesen Zusammenhang selbstverständlich noch weiter ausführen, aber es ist wohl auch so schon klar, daß die durch astronomische Beobachtungen gewonnenen Befunde **nur** in Verbindung mit den Experimenten und Theorien verschiedener physikalischer Disziplinen überhaupt interpretiert werden konnten. Astronomie und Astrophysik haben daher als Wissenschaft heute nur Bestand, wenn man sie als Teilgebiet in die allgemeine Physik einordnet, etwa so wie Plasma- oder Festkörperphysik. Wollten sie **neben** der Physik ihre Selbständigkeit behaupten, so könnten sie nicht einmal sagen, was sie beobachtet haben. Gerade **weil** die Astronomie mit den Naturgegenständen, die sie untersucht, nicht experimentieren kann, ist sie auf physikalische Theorien („die auf irdischen Experimenten beruhen“) besonders angewiesen. Ohne diese könnte sie nicht einmal beobachten.

„Für einen Leser, der entschlossen ist, jede Theorie zu fliehen und nur klare Beobachtungstatsachen zuzulassen, müßten alle astronomischen Bücher auf dem Index stehen. **Denn es gibt keine reinen Beobachtungstatsachen über die Himmelskörper.** Astronomische Messungen sind ausnahmslos Messungen von Erscheinungen, die sich in einer irdischen Sternwarte oder Beobachtungsstation abspielen; nur die Theorie übersetzt sie in Erkenntnisse von einem Universum da draußen. Wenn ein Beobachter mittelt, daß er einen neuen Stern in einer bestimmten Stellung entdeckt hat, ... (so ist für ihn) die Lokalisierung eine Beobachtungstatsache — und darum sicherer begründet als theoretische Folgerungen, die etwa aus der Einsteinschen Theorie hergeleitet sind. Er muß aber schlucken, daß seine sogenannte „Tatsache“, weit davon entfernt, eine Beobachtung zu sein, in Wirklichkeit ein Schluß ist, der sich auf die Einsteinsche Theorie stützt, es sei denn, daß er ihn auf irgendeine frühere Theorie gegründet hat, die noch weiter von den Beobachtungen entfernt ist: der Beobachter hat seinen Messungen eine theoretische Deutung gegeben, indem er aus theoretischen Gründen annahm, daß das Licht den Weltraum annähernd auf einer geraden Linie durchquert.“ [12]

Eine ähnliche Darstellung über die Rolle der Beobachtung in der Astronomie gibt Lambrecht. Er schließt mit den Worten:

„Dies alles ist seit Kepler selbstverständlich ... Man kann die Welt nur verstehen, indem man sie beobachtet und über sie nachdenkt, also theoretisiert.“ [13]

Theorien, auch solche über kosmische Gegenstände, dürfen natürlich keine Spekulationen sein. Es sind wissenschaftliche Theorien, eben weil die Physik seit Begründung der klassischen Mechanik Physik der Erde und des Kosmos ist.

Man kann also die Natur nur begreifen, wenn man beobachtet, experimentiert und theoretisiert. Diese Tätigkeiten sind auf komplizierte Weise miteinander vermittelt und in den einzelnen physikalischen Disziplinen von unterschiedlichem Gewicht, in keiner aber fehlt eine. Daß der Astronom seine Untersuchungsobjekte nicht direkt anfassen und nachsehen kann, ob seine theoretischen Überlegungen richtig waren oder nicht, zeichnet ihn nicht gegenüber anderen Naturwissenschaftlern aus. In keiner der modernen Naturwissenschaften ist das möglich. In der Astronomie fällt es nur sofort auf, gewiß wegen der ungeheuren raumzeitlichen Dimensionen. Daraus folgt m. E. aber „lediglich“, daß es **besonders notwendig** ist, sich der komplizierten Vermittlungen, die zu ihren Resultaten geführt haben, bewußt zu sein, stets im Auge zu behalten, was an Voraussetzungen in die Untersuchungen eingegangen ist, auf welchem Wege die Ergebnisse gewonnen wurden. Es folgt daraus „nur“, daß in die Astronomie weit mehr theoretische Voraussetzungen eingehen als in die „irdische“ Physik. Es gibt also keinen Grund, die Beziehung der Astronomie zur Philosophie von dem allgemeinen Verhältnis von Naturwissenschaft und Philosophie auszunehmen.

Es sind allerdings — aber das ist etwas anderes — die Erkenntnisse der Astronomie für die Naturdialektik unabdingbar. Natur ist ja nicht nur die irdische Natur. Es wäre lächerlich, wollte man den im Vergleich zum Universum winzigen Punkt Erde für das Ganze nehmen. Die kosmische Physik⁷⁾ bettet das irdische in das kosmische Naturgeschehen ein, sie gibt die globalen Bedingungen für alle irdischen Naturprozesse an.

Durch die kosmische Physik erhält die Gesamtphysik eine historische Komponente. [14] Die Anfangs- und Randbedingungen sind bei der Untersuchung kosmischer Prozesse — im Gegensatz zu Untersuchungen in irdischen Laboratorien — nicht frei wählbar, sondern durch die kosmische Umgebung gegeben. Hieraus entspringen neue erkenntnistheoretische Fragen, die letztlich darauf hinauslaufen

⁷⁾ Unter kosmischer Physik versteht man die Anwendung der physikalischen und physikalisch-chemischen Theorien auf Erde, Planeten, Sterne, Sternsysteme und das Universum als Ganzes.

zu fragen, ob es möglich ist, eine physikalische Entwicklungstheorie auszuarbeiten. Denn müßte Kosmogonie — die man nur in der Einheit mit Kosmologie betreiben kann — nicht so etwas sein? Bis jetzt gibt es eine solche Theorie noch nicht, und auf Grund der Art und Weise physikalischer Begriffsbildung stellen sich hier auch prinzipielle Hindernisse in den Weg. Dennoch wirft die kosmische Physik dieses Problem auf, und seine Lösung ist m. E. von grundsätzlicher Bedeutung für das Verhältnis von Philosophie und Naturwissenschaft. Allerdings ist eine Lösung derart, daß der Unterschied von Naturwissenschaft und Naturdialektik aufgehoben wird, nicht zu erwarten.

Die Randbedingungen können zwar nicht frei gewählt, aber prinzipiell erforscht, mit denen analoger Objekte verglichen und durch umfassendere physikalische Theorien erfaßt werden. Der Rand läßt sich immer weiter hinausschieben. Für alle zu untersuchenden kosmischen Objekte liefert letztlich die Kosmologie die Theorie der Anfangs- und Randbedingungen.

Nur für die Kosmologie selbst wird es in besonderer Weise problematisch. Ihr Objekt ist das Ganze, der Kosmos. Ihn gibt es nur einmal. Man kann ihn nicht mit anderen Objekten vergleichen. Seine Randbedingungen können nur außerhalb seiner selbst liegen. Ohne Bestimmung von Randbedingungen sagen physikalische Naturgesetze aber nichts über die Wirklichkeit aus. Wie ist Kosmologie überhaupt möglich? Eine Antwort hierauf erforderte eine eigene Abhandlung und soll hier gar nicht erst versucht werden. Eines aber ist klar: Wenn man Kosmologie treibt, geht man immer — ob man sich dessen bewußt ist oder nicht — auch von sehr vielen philosophischen Voraussetzungen aus. **Ohne philosophisches Verständnis kann man deshalb keine vernünftige Kosmologie erarbeiten.**

Das bedeutet nun aber nicht, daß die Aussagen der Kosmologie unmittelbar philosophische wären. Die kosmologischen Weltmodelle sind wie alle Modelle gültige Interpretationen bestehender Theorien, aber keine aufzeigbaren Sachverhalte. Wenn in ihnen das Alter des Kosmos ausgerechnet, wenn auf den Urknall geschlossen wird, so heißt das nur: Die Physik, in deren Rahmen das Weltmodell aufgebaut wurde, ist nicht in der Lage, den physikalischen Zustand der Welt vor dieser Zeit zu erfassen.

Wenn die Philosophie sich mit der Welt als Ganzem befaßt, so untersucht sie diese nicht in ihrer physikalischen Beschaffenheit, sondern fragt nach der Stellung des Menschen in dieser Welt, nach der Totalität seiner Tätigkeiten, die ihn zu diesem Wissen über die Welt geführt haben. Sie nimmt die Erkenntnisse der Menschen über die Welt in Einheit mit den objektiven Bedingungen, unter denen sie gewonnen wurden. Die Kosmologie ist eine naturwissenschaftliche Disziplin und denkt als solche nicht explizit über diese Beziehungen nach.

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 aber meinen sie mit ihrer Gegenstandsbestimmung etwas Verschiedenes. Daher können sie nicht identisch oder das eine Teil des anderen werden. **Keine Naturwissenschaft ist unmittelbar schon Naturdialektik.**

Literatur:

- [1] I. Kant, Kritik der praktischen Vernunft, Werke in sechs Bänden. Hrsg. v. W. Weischedel. Wiesbaden 1956, Bd. 4, S. 300.
- [2] G. W. F. Hegel, Wissenschaft der Logik. Erster Teil. Leipzig 1951, S. 227.
- [2a] Ebenda, S. 227/225.
- [3] Dr. H. Bernhard, Astronomie und Philosophie. Akademie-Verlag, Berlin 1975.
- [4] K. Marx, Das Kapital, Bd. I. In: MEW, Bd. 23. Berlin 1962, S. 192 und 198.
- [5] K. Marx, Das Kapital, Bd. III. In: MEW, Bd. 25. Berlin 1964, S. 113.
- [6] Vgl. zum Folgenden (bis S. 80): P. Ruben, Problem und Begriff der Naturdialektik. In: Weltanschauung und Methode. Hrsg. v. A. Griese und H. Laifko. Berlin 1969.
- [7] K. Marx, Das Kapital, Bd. I. A. a. O., S. 195.
- [8] K. Marx, Theorien über den Mehrwert. In: MEW, Bd. 26.3, Berlin 1962, S. 160.
- [9] F. Engels, Anti-Dühring. In: MEW, Bd. 20. Berlin 1962, S. 14.
- [10] S. u. a. R. Wahsner, Philosophische Betrachtungen zur räumlichen Ausdehnung des Weltalls. In: Astronomie in der Schule 1967/2 sowie: Bedeutung des philosophischen Materialbegriffs für die Astronomie. In: Astronomie in der Schule 1968/2.
- [11] Vgl. hierzu: H.-J. Treder, Extragalaktische Physik — ein neues Gebiet der Grundlagenforschung. In: Einheit 1967/9.
- [12] S. A. Eddington, Dehnt sich das Weltall aus? Stuttgart/Berlin 1933, S. 25–27.
- [13] H. Lambrecht, Zur Kosmogonie der interstellaren Materie. In: Zur Geschichte der Erde und des Kosmos. Hrsg. v. H.-J. Treder. Berlin 1973, S. 29–32.
- [14] Vgl. hierzu: H.-J. Treder, Zur Geschichte der Erde und des Kosmos. Vorwort. A. a. O., S. 5/6.

Überblick über internationale und nationale CETI-Ereignisse

JÜRGEN LEHMANN

Die in den letzten Jahren auf internationaler Grundlage unternommenen Anstrengungen zur CETI (Communication with extraterrestrial intelligence) finden auch in der DDR Resonanz. In der IAA (International Academy of Astronautics), IAF (International Astronautical Federation) und IAU (International Astronomy Union) wird CETI schon einige Zeit Aufmerksamkeit entgegengebracht.

Nachdem die Diskussion der Existenz außerirdischen intelligenten Lebens und der Kontaktaufnahme mit ihm lange Zeit Phantastikzirkeln und science-fiction-Schriftstellern vorbehalten war, nehmen mehr und mehr Wissenschaftler dazu Stellung. Dies wurde notwendig, als sich reaktionäre, idealistische und vor allem junge unbefangene Menschen faszinierende (nur auf den ersten Blick) Theorien westlicher Autoren (Däniken) auch in sozialistischen Ländern Raum verschaffen konnten.

Von einem materialistischen Standpunkt aus wird viel unternommen, um hierbei das Spektakuläre vom Wissenschaftlichen zu trennen, den Prozeß der Lebensentstehung und -evolution zu „materialisieren“ und seinen natürlichen Ursachen zuzuordnen sowie neoanthropozentrischen Theorien entgegenzuwirken. In diesem Sinne sind viele Kritiken, Berichte und Beiträge zu verstehen, die in Tages- und Fachpresse in den letzten Jahren in der DDR erschienen sind.

CETI als gemeinsames Problem verschiedener Fachdisziplinen und Wissenschaftszweige reifte in den letzten Jahren mehr und mehr zu einem öffentlichen Diskussionsobjekt. Obwohl immer noch der Beweis für das Vorhandensein des eigentlichen Untersuchungsobjektes fehlt, legen Theoretiker ihre Vorstellungen vor Gremien wie IAA (International Academy of Astronautics), IAF (International Astronautical Federation) und IAU (International Astronomy Union) dar und scheuen sich Praktiker nicht vor Experimenten, die den Nachweis der Existenz nichtirdischen Lebens erbringen sollen. Dabei sind die CETI-nahen Probleme nicht nur astronomischer, biologischer und nachrichtentechnischer Natur, sondern werden unter Mitwirkung von Kybernetikern, Linguisten, Soziologen und Philosophen behandelt und entschieden [1].

Das erste CETI-Symposium fand im Mai 1896 in Paris statt. Organisiert wurde es vom französischen Astronomen Flammarion und von C. Cross, einem englischen Erfinder. Flammarions populär und enthusiastisch geschriebene Jugendarbeit [2] fand im angelsächsischen Sprachbereich ungeheure Verbreitung. Er und Cross suchten nach Möglichkeiten, mit hypothetischen, aber nach ihren Vorstellungen ganz sicher vorhandenen Marsbewohnern in Kontakt zu treten. Cross schlug dabei vor, mit Hilfe riesiger Hohlspiegel Dreiecke, Vielecke, Kreise, Ziffern, Buchstaben und ein menschliches Antlitz in die Wüsten des Mars einzubrennen [3].

Viele Jahre später bereiteten Radioastronomen ein Programm vor. Das nach der Königin eines imaginären Landes OZ benannte Projekt OZMA sah die Überwachung der sonnenähnlichen Sterne ϵ Eridani und τ Ceti auf der 21-cm-Wasserstofflinie vor. Doch die Empfänger blieben im Herbst 1960 noch stumm.

Die erste inoffizielle CETI-Konferenz der „Neuzeit“ fand im November 1961 im Green-Bank-Observatorium in West Virginia unter Beteiligung von elf namhaften Wissenschaftlern der USA statt [6]. Diskutiert wurden Möglichkeiten der interstellaren Kommunikation und Fragen im Zusammenhang mit dem erfolglos gebliebenen Programm OZMA. Weiterhin entwarf man Abschätzungen zur Häufigkeit von Zivilisationen im Weltall. Organisiert wurde die Veranstaltung vom National Radio Astronomy Observatory mit Unterstützung des Space Science Board of the National Academy of Science. Die Teilnehmerliste zeigte schon damals die Bedeutung einer interdisziplinären Zusammenarbeit auf diesem Gebiet:

Struve, O.: Direktor des Observatoriums und Vorsitzender der Konferenz (Astronom); Pearman, J. P. T.: Organisator der Konferenz; Atchley, D. W.: Präsident der Microwave Associates Inc.; Calvin, M.: Nobelpreisträger für Chemie (Biochemiker); Cocconi, G.: (Nachrichtentechniker); Morrison, P.: (Nachrichtentechniker); Drake, F. D.: Initiator des OZMA (Radioastronom); Huang, S. S.: (Astronom); Lilly, J. C.: (Biologe); Oliver, B.: (Nachrichtentechniker); Sagen, C.: (Astrophysiker).

Während der Konferenz formierte sich eine auf den ersten Blick „mystisch“ anmutende Gesellschaft, die „Order of the Delphin“. Die Zahl ihrer Mitglieder ist mit 20 (1966) recht bescheiden, doch läßt sich ein Aufschwung der hier behandelten Themen nur schwer übersehen. Diese Gruppe besteht aus international bekannten Wissenschaftlern, die an Problemen der außerirdischen Zivilisationen interessiert sind und ihrer Erforschung einen Teil der Arbeit widmen. Das Symbol der Gruppe ist die Kopie einer alten griechischen Münze mit dem Abbild eines Delphins. Die Mitglieder waren zunächst dem Spott vieler Kollegen ausgesetzt, kamen aber durch die Anwendung exakter wissenschaftlicher Methoden ihrem Ziel in kleinen Schritten näher [5].

Beiträge zur CETI-Problematik erscheinen in den sechziger Jahren nach und nach auf Tagungen und Konferenzen [7, 8]. Dies unsomnehr, als man erkennt, daß die Entstehung des Lebens auf der Erde nicht von der Entstehung von Leben im Kosmos überhaupt losgetrennt werden darf. Die Zahl der entsprechenden Publikationen nimmt in dieser Zeit fast sprunghaft zu.

Im Mai 1964 veranstaltet die Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR in Bjurakan die erste Allunions-Konferenz mit 12 Vorträgen sowjetischer Wissenschaftler. Wie in Green-Bank 1961 stehen Probleme der Radioastronomie und Nachrichtentechnik im Vordergrund. Diskutiert werden vornehmlich die Eigenschaften der kurz zuvor entdeckten Quasare, kosmische Störungen im Radiofrequenzbereich, Probleme der Antennenreichweite und Energiebilanzen [9]. Im September 1965 veranstaltet die Institution of Electrotechnical and Electronical Engineers in Washington eine Session, auf der fünf Vorträge einer Übersicht des damaligen Standes der CETI-Forschung dienen. Eine äquivalente Veranstaltung über radioastronomische Probleme von CETI fand im Oktober des gleichen Jahres in Charkow, UdSSR statt. Ein dreitägiges Symposium unter dem Motto „The search for extraterrestrial life“ wurde vom 23. – 25. Mai 1966 von der American Astronautical Society durchgeführt [10].

Ebenfalls die AAS unter Beteiligung der Association for the Advancement of Sciences (AAAS) organisierte ein Symposium über „Exobiology“, welches am 30. 12. 1967 in New York abgehalten wurde. Hier zeigte sich erneut, daß CETI nicht allein auf astronomisch/astrophysikalische, biologische und technische Fragestellungen reduziert werden darf, sondern mit allen philosophischen, soziologischen und auch ethisch-moralischen Konsequenzen behandelt werden muß. Besprochen wurden biochemische Grundlagen des Lebens (Isenberg, H. D., Vishniac, W.), Laboratorien für den Nachweis von eventuellem Leben auf Planeten unseres Sonnensystems (Sagan, C., Levin, G. V., Young, R. S.), Technik zur interstellaren Kommunikation (Hafner, E. M.) und soziologische Aspekte der Exobiologie (Wagner, B. H.) [11].

CETI-Probleme diskutierte man öffentlich auf britischem Boden im Juli 1967. Cambridge war der Schauplatz der „NATO Summer School on Biology in Space“, wo acht Vorträge unserem Thema gewidmet waren.

Im Sommer 1970 besprachen Teilnehmer einer Konferenz im Ames Research Center der NASA das Projekt CYCLOPS, das einen Kontakt mit außerirdischer Intelligenz im Mikrowellenbereich vorsieht [12], [13]. Hierbei handelt es sich um die bisher umfassendste Studie, die, ausgehend vom gegenwärtigen Stand und den Möglichkeiten unserer technischen und technologischen Kapazität, einen Vorschlag für ein hochempfindliches Signalsuchsystem beinhaltet. Die Empfindlichkeit von CYCLOPS wird dabei um acht Größenklassen höher angesetzt als diejenige von OZMA. Vorgeschlagen wird ein Antennenkomplex von 3–5 km Durchmesser, dessen 100-m-Antennen synchron von einer zentral gelagerten EDV-Anlage gesteuert werden. Gleiche Datenverarbeitungstechnik dient der Analyse der aufgenommenen Signale. Das System eignet sich bevorzugt für den Bereich zwischen 1420 und 1662 MHz.

Vom 5. – 11. September 1971 fand in Bjurakan (Armenische SSR) die mit 54 Teilnehmern (32 UdSSR, 19 USA, 1 GB, 1 ČSSR, 1 UVR) bisher am stärksten besetzte und auch international wichtigste CETI-Konferenz statt. Es kamen nicht nur Astrophysiker und Radioastronomen zu Wort sondern auch Biologen, Anthropologen, Historiker, Kybernetiker, Soziologen und sogar Archäologen. Hauptanliegen war die Klärung und Einschätzung des damaligen Standes der CETI-Forschung. Das Programm sah die Behandlung theoretischer als auch praktischer Fragen aller Art vor. Bei deren Beantwortung waren die Konferenzteilnehmer nicht selten differenzierter Meinung. Trotz der teilweise unterschiedlichen Anschauungen wurde die Konferenz ein voller Erfolg. Sie verlief in Form einer „Beratung am runden Tisch“ und gab allen Teilnehmern die Möglichkeit eines intensiven Gedankenaustausches. Zunächst wurden Fragen der Planetenastronomie, Kosmogonie und der Perspektive der Entdeckung von Planetensystemen erörtert.

Der zweite Teil der Konferenz war der Planetenbiologie, speziell der Entstehung des Lebens auf der Erde und der Wahrscheinlichkeit von Leben auf kosmischen Objekten gewidmet. Weiter wurden in diesem Teil moderne Formen der Panspermiehypothese diskutiert. Andere Themen waren: „Entstehung und Evolution des Verstandes und des Bewußtseins“ und „Entstehung und Entwicklung technischer Zivilisationen“. Spektakulär, aber von den technischen Möglichkeiten ausgehend, besprach man die Möglichkeiten der Suche von intelligenten Signalen und Astroingenieur-tätigkeiten. Nicht ausgeklammert wurden Schlußfolgerungen für einen direkten Kontakt mit extraterrestrischen Zivilisationen durch interstellare Raumfahrt.

Fragen der [internationalen] Zusammenarbeit bei CETI wurden vorbereitet. Diesem Zweck diente die Bildung einer interimären Arbeitsgruppe zur Koordinierung der nationalen Forschungsprogramme [14].

Der Konferenz voraus ging eine internationale Umfrage, bei der den Teilnehmern 14 Fragen zur Beantwortung vorgelegt wurden. Trotz zum Teil gegensätzlicher Meinungen konnte eine optimistische, aber durchaus kritische Grundhaltung verzeichnet werden. Dies wurde auch durch die Ergebnisse einer internationalen Umfrage bestätigt, die die CSSR-Zeitschrift „RADAR“ im Jahre 1966 durchgeführt hatte. Dort glaubten 74 % der Befragten an die Existenz außerirdischer Zivilisationen und 54 % waren von der Nützlichkeit eines Kontaktes mit ihnen überzeugt. Eine weitere Umfrage wurde 1973 von der IAU in Paris unter Wissenschaftlern durchgeführt. Zwei Drittel der Befragten hielten es für *an der Zeit, Probleme der kosmischen Kontaktaufnahme zu diskutieren*.

Im Februar 1972 startete die USA die Jupitersonde „PIONEER 10“, die als erstes von Menschenhand geschaffenes Objekt unser Sonnensystem verlassen wird. An Bord des Flugkörpers befindet sich für eventuelle „Finder“ eine Plakette mit einem Abbild der Sonde, dem Bild eines Menschenpaares und einer Reihe von symbolischen Zeichen, die Auskunft über die Flugbahn der Sonde geben.

Parallel zu den zunächst national und bilateral durchgeführten CETI-Veranstaltungen bemühte sich seit 1965 die IAA auf Vorschlag von Pešek um die Organisation eines internationalen CETI-Symposiums. 12 von 25 befragten Teilnehmern empfahlen ein solches Vorhaben. Am 15. 9. 1965 benannte die IAA's Board of Trustees eine Studiengruppe und etwas später ein CETI-Organisationskomitee. Letzteres traf sich auf den jährlich stattfindenden Kongressen, sprach Wissenschaftler an und bereitete ein Halbtagsprogramm mit fünf Vorträgen vor. Gleichzeitig wurde in der UdSSR ein vorläufiges Programm für eine umfangreiche internationale Arbeitsteilung für CETI erarbeitet. Diese Studie wurde 1965 der IAU vorgelegt.

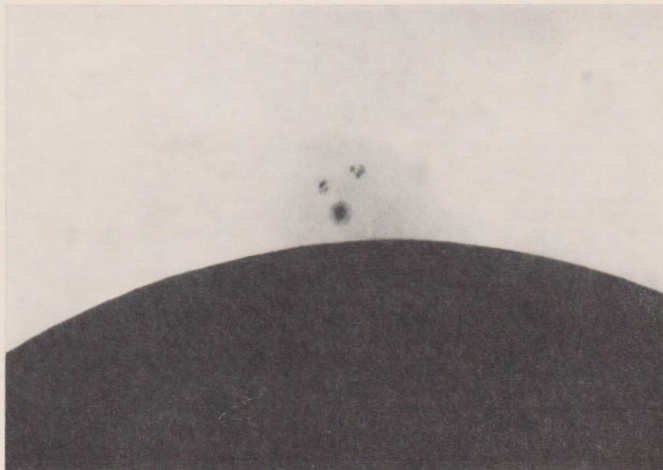
Als Termin des von der IAA vorbereiteten Symposiums war 1968 und als Tagungsort Prag vorgesehen. Aus verschiedenen Gründen wurde die Veranstaltung dann aber auf 1972 verschoben. In der Zwischenzeit fand in Bjurakan die internationale CETI-Konferenz statt und die IAA's Board of Trustees entschied am 24. 9. 1971 in Brüssel, daß auf dem 23. IAF-Kongreß in Wien 1972 eine Halbtagsveranstaltung mit fünf Vorträgen dem Thema „Stand der CETI-Forschung“ gewidmet sein sollte.

Auf IAF-Kongressen, den jährlich stattfindenden Großveranstaltungen der nationalen Raumfahrtorganisationen waren seit 1956 dann und wann schon Vorträge zur CETI-Problematik gehalten worden.

Das Vortragsprogramm der CETI-Randtagungen der IAF-Kongresse 1972 (Wien), 1973 (Baku) und 1974 (Amsterdam) war in allen Fällen so gestaltet worden, daß CETI überblicksmäßig von möglichst vielen Seiten betrachtet und beurteilt werden konnte. Es wurden sowohl Einschätzungen des Standes der CETI-Forschung gegeben (Pešek 1972 und 1974) wie auch Arbeiten theoretischer und angewandter Natur vorgestellt. Kollektive sowjetischer und amerikanischer Radioastronomen berichteten über ihre laufenden oder zukünftigen Experimente (Oliver 1972, Kardashev 1972 und 1973, Troitzki 1973). Weiterhin verdienen Arbeiten zur Theorie interstellarer Flüge (Zakirov 1973 und 1974) hervorgehoben zu werden [15].

Wegen seiner weltanschaulichen Brisanz und des allgemeinen Interesses, das der CETI-Problematik weltweit entgegengebracht wird, konnte auch an unserem Land die sichtbare Entwicklung nicht ohne Spuren vorübergehen. Auftakt war die Herausgabe einer Übersetzung aus dem Russischen von Petrowitsch [16] durch den Verlag Technik. Unter der Thematik „Außerirdisches Leben — Existenz und Kommunikationsmöglichkeiten“ veranstaltete die URANIA — Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse — am 1. 3. 1974 in Berlin eine vielbeachtete Referententagung. Zum Programm gehörte eine breite Palette an Beiträgen, die von „Weltanschaulichen Aspekten der Existenz außerirdischen Lebens“ (Treder) über „Außerirdische Intelligenz im Spiegel literarischer Meinungen und wissenschaftlicher Hypothesen“ (Marquart), „Biologisch-genetische Aspekte außerirdischen Lebens“ (Jungnickel), „Außerirdisches Leben aus astrophysikalischer Sicht“ (Schmidt) bis hin zu „Möglichkeiten einer Fernkommunikation unter funkttechnischen Aspekten“ (Böhm) reichte. Diese Referententagung war in der DDR die erste öffentliche wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem aktuell gewordenen Thema [17].

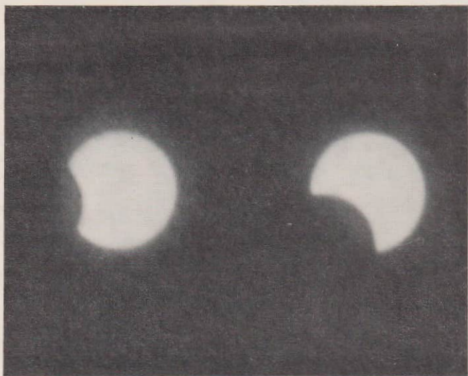
Am 30. 3. 1974 wurde auf der 11. Tagung der Jugendarbeitsgruppe „KOSMOS“ der Astronautischen Gesellschaft der DDR die Arbeitsgruppe „CETI“ gegründet. Ihre Mitglieder stellen sich das Ziel, durch eine breite Öffentlichkeitsarbeit popularisierend zu wirken, prinzipiell zur Verbreitung materialistischer CETI-Auffassungen beizutragen sowie in ihrer wissenschaftlichen Arbeit Anerkennung zu finden. Am 16. und 17. November 1974 führte obengenannte Jugendarbeitsgruppe „KOSMOS“ gemeinsam mit dem Urania-Bezirksvorstand Gera, dem Urania-Kreisvorstand des VEB Carl Zeiss Jena und dem Urania-Vortragszentrum Jena ihre 13. Tagung durch. Das Thema: „CETI-Kommunikation mit extraterrestrischen Intelligenzen“. In Übersichtsvorträgen wurde zu philosophischen Problemen der Lebensentstehung und des Kontaktes mit extraterrestrischen Intelligenzen (Ley), astronomischen Aspekten der CETI-Problematik (Dorschner), biologischen Gesichtspunkten zur CETI-Problematik (Jungnickel) Stellung genommen. G. Müller diskutierte in seinem Beitrag



Partielle Sonnenfinsternis 1976 April 29, 11^h 44^m 30^s MEZ. Projektions-Aufnahme am Coudé-Refraktor 150/2250 der Volkssternwarte „A.-Diesterweg“ Radebeul, mit Okular $f = 16$ mm. Belichtung: 1 s auf DK 3-Film. Beobachter: Joachim Güntner (15. J.), Jens Görler (16 J.)

Diese beiden Aufnahmen erhielt André Geißhirt-Ling am 29. 4. 1976. Seine Aufnahmedaten waren: Objektiv 2,8/135, EXA Ia, NP 20, Blende 32, 1/135 s; diese Aufnahmen zeigen, daß es möglich ist, eine Serie über den Verlauf einer Finsternis mit relativ kurzbrennweitigen Objektiven zu erhalten.

B. Z.



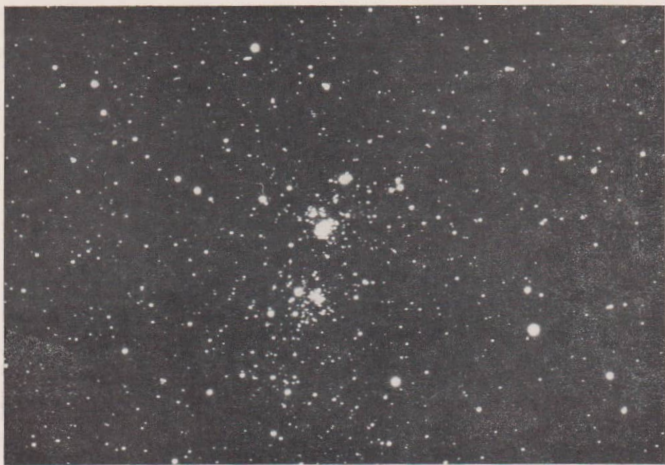


Abb. 3: Doppelsternhaufen h/chi Persei mit Tessar 4,5/360, Platte ZU 2 – FAH behandelt, auf Zeiss Ib-Montierung. Belichtung 30 Minuten. Aufgenommen am 21. 8. 1973. — Trotz geringer Ungenauigkeiten in der parallaktischen Justierung bei dieser Belichtungszeit noch fast völlig runde Sternscheibchen.

Abb. 3, 4, 5 zum Beitrag „Störfaktoren bei Sternfeldaufnahmen“ S. 19

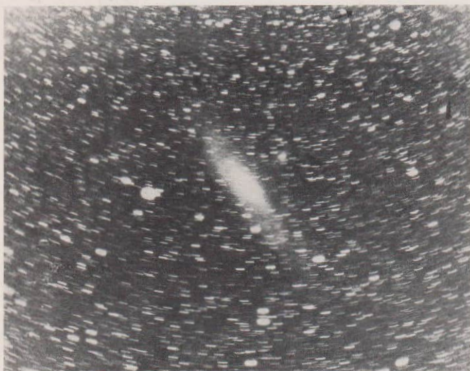


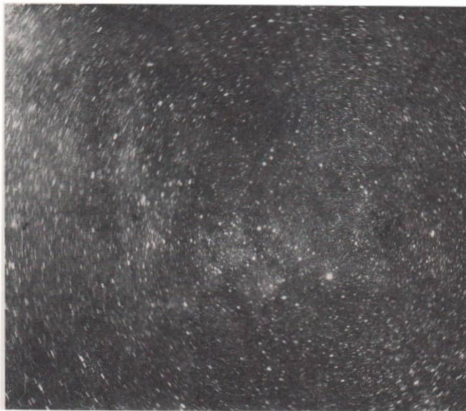
Abb. 4:
Fehlbelichtung des Andromedanebelgebietes mit Tessar 4,5/360, Platte ZU 2, auf Zeiss Ib-Montierung. Belichtung 4 Stunden, am 26. 8. 73.

Die Strichspuren entstanden durch ungenügende parallaktische Aufstellung und durch Nachgeben zwischen Leitfernrohr (C.-Spiegel 150/2250) und Kamera. Der Leitstern (ny Andromedae) ist selbst als Strich abgebildet. Das Schärfzentrum liegt außerhalb der Fotoplatte.

Abb. 5:

Sternfeld im Nordamerika-
nebelgebiet mit Tessar
3,5/250, Platte ZU 2 (9 mal
12 cm) auf Zeiss Ib-Mon-
tierung. Belichtung 2 Stun-
den, aufgenommen am
23. 7. 71.

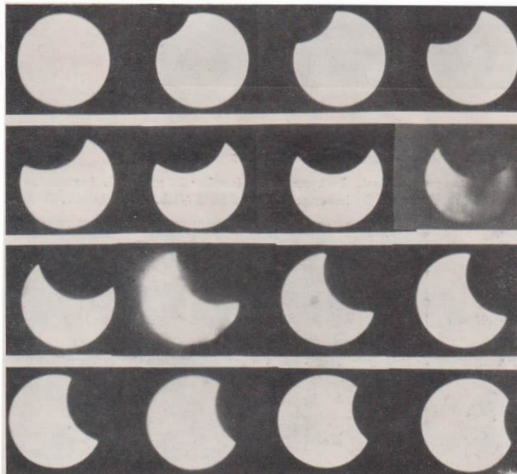
Sterne drehen sich scheinbar
um das Leitsterngebiet. Der
Leitstern (Deneb) selber
befindet sich schon außer-
halb des Schärfeszentrums.
Der dominierende Fehler ist
auch hier, bei der Länge der
Belichtung, eine noch zu un-
genaue parallaktische Auf-
stellung, die überlagert wird
durch ein fehlerhaftes Nach-
geben der Kamera-Leitrohr-
anordnung während der Be-
lichtung.

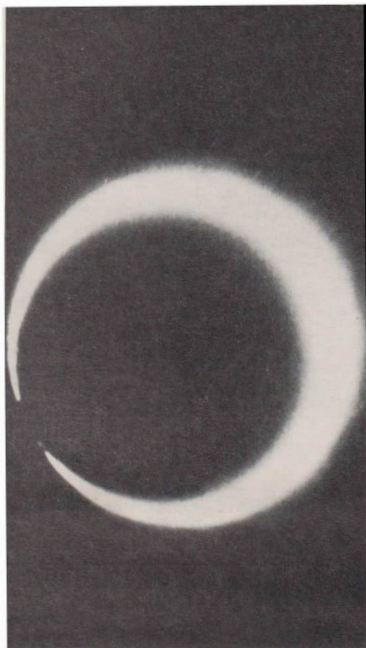


Partielle Sonnenfinsternis vom 29. 4. 1976 – mit dem Schulfernrohr beobachtet

Abb. 1:

Phasen der partiellen
Sonnenfinsternis vom
29. 4. 1976, aufge-
nommen im Abstand
von jeweils etwa
10 min.





Links: Aufnahme der ringförmigen Sonnenfinsternis am 29. April 1976.

Ort: Mykonos (Griechenland)

Zeit: 11^h 46^m MEZ

Instr./Kamera: Zenith-Kamera mit 135 mm Objektiv (3fache Brennweitenverlängerung)

Belichtungszeit: 1/500 Sek

Blende: 22

Film: Kodak-Panatomic-X 16/10° DIN

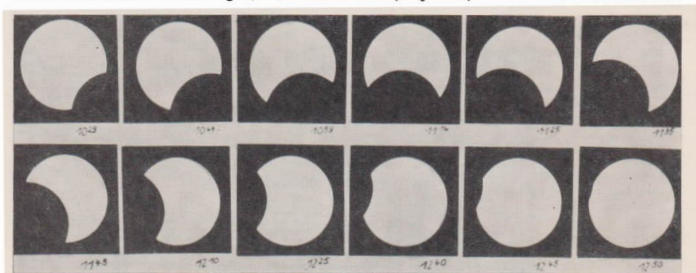
Beobachter: Peter Reinhard/Wien

Das Bild wurde während der ringförmigen Phase aufgenommen, aber durch das Tropfenphänomen ist diese hier nicht zu erkennen.

Zum Beitrag „Messungen der Temperatur und Himmels-helligkeit“ S. 23

... und mit Hilfe des Feldstechers

Beobachtungsort: Erfurt. Instrument: Feldstecher 10 × 50 mit Sonnenblendglas, hell auf Fotostativ und Kleinbildkamera. Belichtung: 0,25 s auf NP 15-Film (Projektion). Beobachter: Dietrich Richter.



„Interstellare Flüge“, und zur Möglichkeit der Kommunikation mit extraterrestrischen Intelligenzen äußerte sich H. Pfau. Eine Einschätzung des gegenwärtigen Standes der CETI-Forschung (1971 bis 1974) wurde von Pešek gegeben. Letzterer Beitrag schnitt neue und neueste Aspekte von CETI an und gab einen Ausblick auf kommende Ereignisse, die uns weiter auf Erfolg hoffen lassen. [18]

Literatur:

- [1] Pešek, R.: State of the art CETI; 23. IAF-Kongreß, Wien 1972.
- [2] Flammarion, C.: La pluralité des mondes habités, Paris 1862, Leipzig 1865.
- [3] Croû, C.: zitiert in [6], [7].
- [4] Sullivan, W.: We are not alone, Penguin Books 1970.
- [5] Papp, D.: Was lebt auf den Sternen?, Amalthea-Verlag Zürich-Leipzig-Wien 1931.
- [6] Sagan, C.: Direct contact among galactic civilisations by relativistic interstellar spaceflight, Planetary and Space Science 11, 1963, S. 485–498.
- [7] Huang, S. S., Wilson, R. H.: Astronomical aspects of the emergence of intelligence, IAS-Paper Nr. 63–48, paper presented at the January 1963 meeting of the Institute of the Aerospace Sciences, New York 1963.
- [8] Young, R. S.: Exobiology, Proc. of the NASA University Conference on the Science and Technology of Space Exploration, 1, 423, Government Printing Office, Washington 1962.
- [9] Außerirdische Zivilisationen, Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR, Jerewan 1965 (russ.), Keter Publishers 1967 (engl.).
- [10] Hanrahan, J. S. (Hrsg.): The search for extraterrestrial life, Based on Proceedings of the 12th Annual Meeting of the AAS, Washington 1967.
- [11] Freundlich, M. M., Wagner, B. M. (Hrsg.): Exobiology, vol. 19 AAS Science and Technology Series, Washington 1969.
- [12] Oliver, B. (Hrsg.): Project CYCLOPS. A design study of a system for detecting extraterrestrial intelligent life, NASA-Dokument CR 114445, 1971.
- [13] Oliver, B.: State of the art in the detection of intelligent extraterrestrial signals, 23. IAF-Kongreß, Wien 1972.
- [14] Sagan, C. (Hrsg.): Communication with extraterrestrial intelligence, MIT-Press Cambridge (Mass.) 1973.
- [15] 23. IAF-Kongreß Wien 1972, Abstracts.
- [16] Petrowitsch, N. T.: Signale aus dem All, Verlag Technik 1973.
- [17] Lindner, K.: Außerirdisches Leben?, Astronomie in der Schule 11, 5 1974, S. 102–106.
- [18] KOSMOS-KURIER, Raumfahrtsschnellinformation der Jugendarbeitsgruppe der Astronomischen Gesellschaft der DDR, Sonderheft November 1974.

Zur fotografischen Verwendung von Kugelspiegeln

MICHAEL GRESSMANN

Die Astrofotografie ist in den vergangenen Jahren immer mehr zum Bedürfnis vieler Sternfreunde geworden. Dem steht die Tatsache entgegen, daß Astro-Kameras sehr teuer und überdies sehr selten sind. Auch die vielgepriesene Schmidt-Kamera in ihrer klassischen Form mit Korrekptionsplatte ist für die meisten Amateure unerschwinglich. Dabei ist eine Schmidt-Kamera auch ohne die teure Korrekptionsplatte herstellbar, wenn der verwendete Kugelspiegel wie nachstehend beschrieben ausgelegt wird.

1. Wie beim klassischen Schmidt-System wird die Koma dadurch eliminiert, daß die Eintrittspupille in den Krümmungsmittelpunkt verlegt wird. Der Durchmesser der Eintrittspupille ist gleichzeitig die effektive freie Öffnung des Systems. Für alle durch den Mittelpunkt dieser Blende verlaufenden Strahlen gleich welcher Neigung ist damit gewährleistet, daß sie senkrecht auf die Spiegelfläche fallen. Als Restfehler verbleiben die sphärische Aberration und die Bildfeldkrümmung.

2. Die sphärische Queraberration, d. i. der Radius des Zerstreuungskreises in der Gaußebene, berechnet sich nach

$$S = f/(64N^3) = y^3/(2R^2) = y/(32N^2), \quad (1)$$

wobei: f = Brennweite, R = Krümmungsradius = $2f$, y = halbe freie Öffnung = $D/2$, N = Öffnungsverhältnis = f/D bzw. $1/N$ = Öffnungsverhältnis.

In der optimalen Bildebene wird dieser Betrag um den Faktor 4 geringer, womit für den wirksamen Radius des Zerstreuungskreises folgt:

$$S_{\text{opt}} = S/4 = f/(256N^3) = y^3/(8R^2) = y/(128N^2). \quad (2)$$

Für Spiegel visueller Verwendung wird die sphärische Aberration bekanntlich durch Deformation (Parabolisierung) beseitigt, bei der klassischen Schmidt-Kamera durch Einführung der Korrekptionsplatte. Nun ist aber für den fotografischen Einsatz eine Beseitigung der sphärischen Aberration nur

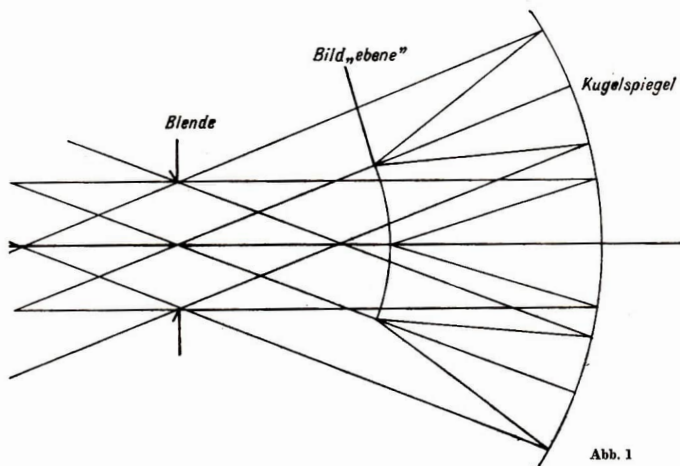


Abb. 1

insoweit nötig, als der Zerstreuungskreisdurchmesser die Größe des Plattenkorns nicht überschreiten darf. Mit dieser Bedingung, nämlich

$$S_{\text{opt}} \leq 0.015 \text{ mm} = \text{Kornhalbmesser empfindlicher Emulsionen} \quad (3)$$

ergeben sich in Verbindung mit Gl. 2 sofort die optimierten Daten für den zu verwendenden Kugelspiegel und zwar wahlweise

$$f \geq 3.84 N^3 \quad \text{oder} \quad f \geq 0.5103 D^{3/2}, \quad (4)$$

$$D \leq 3.84 N^2 \quad \text{oder} \quad D \leq 1.566 f^{2/3}, \quad (5)$$

$$N \geq 0.5103 D^{1/2} \quad \text{oder} \quad N \geq 0.6386 f^{1/3}, \quad (6)$$

wobei D den Durchmesser der Blende bezeichnet. Der verwendete Kugelspiegel muß größer gewählt werden, um die Vignettierung durch die Kassette auszuschließen, die einen Durchmesser von etwa $D/2$ erhalten kann. Der Spiegeldurchmesser wird dann mindestens um diesen Betrag größer; ideal wäre, ihn um den doppelten Kassettendurchmesser zu vergrößern. Das ist allerdings nur erforderlich, wenn über das ganze Feld exakt fotometriert werden soll. In den Beispielen am Schluß sind beide Maße gegeben.

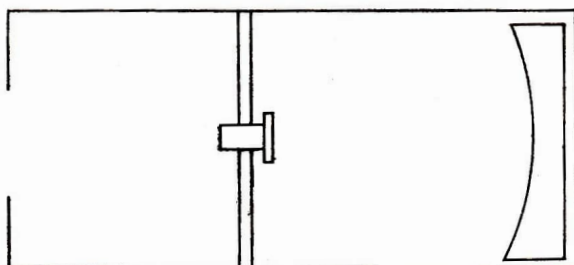


Abb. 2

3. Die Bildfeldkrümmung macht eine konvex geschliffene Kassette erforderlich, deren Krümmungsradius der Brennweite des Instruments entspricht. Film bzw. Platte werden mit einem Ring gegen diese Fläche gepreßt. Nutzt man nicht das volle Feld, kann bei längeren Brennweiten auch plan gearbeitet werden.

Eine andere Möglichkeit bietet die Verwendung einer plankonvexen Bildfeldebenungslinse mit dem Radius $f/3$. Die Planseite der Linse liegt unmittelbar vor der Emulsion; es ist empfehlenswert, die Linse an der Filmhalterung fest anzubringen.

4. Der Aufbau des Systems gestaltet sich relativ einfach trotz der großen Baulänge, da der vordere Tubusteil keiner Belastung ausgesetzt ist; für ihn genügt Sperrholz, die Blende kann aus Pappe geschnitten und aufgeklebt werden. Auch ein leichtes Gitter ist denkbar, allerdings muß garantiert sein, daß kein Streulicht einfällt. Die Kassette selbst sitzt mit ihrem Scheitel exakt im Abstand f vom Hauptspiegelscheitel, also genau in der Mitte zwischen Blende und Spiegel, in einem Haltekreuz. Sie muß zwecks Ermittlung des günstigsten Fokus durch kurzexponierte Probeaufnahmen axial verschiebbar sein.

5. Beispiele: lineare Angaben in mm

S = Spiegeldurchmesser min./max. (s. Abs. 2)

$2w$ = Felddurchmesser

k = Kassettendurchmesser

D	f	N	S	k	2w
100	510	5.1	150/200	50	5°6
120	670	5.6	180/240	60	5.1
130	756	5.8	195/260	65	4.9
150	937	6.3	225/300	75	4.6
180	1232	6.8	270/360	90	4.2

Es sei hier nochmals bemerkt, daß der kleinere Spiegel für normale Beobachtungen vollauf genügt. So ist z. B. eine Astro-Kamera von 120 mm freier Öffnung mit einem 180 mm Kugelspiegel zu realisieren, was immerhin eine Ermutigung sein sollte.

Das beschriebene System ist für Sternfeld-, Nebel-, Kometenaufnahmen sowie auch zur Aufsuchung und Verfolgung kleiner Planeten ganz hervorragend geeignet. Hohe Abbildungsgüte und niedrige Kosten sind Vorteile, denen als einziger Nachteil die große Baulänge von 2f gegenübersteht.

Ausschalten von Störfaktoren bei Sternfeldaufnahmen

WOLFRAM FISCHER

Die wesentlichsten Erfahrungen, die hier wiedergegeben sind, sammelte ich während meiner alljährlichen Aufenthalte in der Schul- und Volkssternwarte „Bruno H. Bürgel“ in Sohland an der Spree. Dort beschäftigte ich mich vorwiegend mit der Astrofotografie und ganz besonders mit Sternfeldaufnahmen. Als Kameras dienten ein Zeiss-Astrograph Tessar 3,5/250 (9×12 cm) und eine selbstgebaute Kamera der Sternwarte mit einem Tessar 4,5/360 (6×9 cm). Als Montierungen waren eine Zeiss I b und eine mechanisch hochwertige selbstgebaute Montierung in der Sternwartenkuppel, die lange Zeit einen Newton-Spiegel 100/1000 trug, vorhanden. Für Leitrohrzwecke ließen sich unterschiedliche Instrumente einsetzen, wie der Newtonspiegel 100/1000, ein C-Spiegel 150/900/2250 und ein Refraktor AS 63/840, den ich am meisten benutzte.

Bei Sternfeldaufnahmen kommt es immer wieder vor, daß die Sterne nicht punktförmig, sondern als mehr oder weniger lange Striche abgebildet werden. Man sagt dann allgemein, die Nachführung war zu ungenau. Doch was verbirgt sich alles hinter dieser Feststellung.

Beim Nachführen einer Kamera auf einer geeigneten Montierung mittels eines Leitrohres versuchen wir, die tägliche Drehung der Erde (des Sternhimmels) auszuschalten. Haben wir eine exakt paralaktisch justierte Montierung, so brauchen wir beim Nachführen lediglich geringfügige Abweichungen des Stundenachsenantriebs, der über das Leitrohr kontrolliert wird, mittels der Feinbewegungen auszugleichen. Sind nun Aufnahmen mit Strichform der Sterne entstanden, so wird jeder, der nicht eingehender mit den Tücken dieser Problematik vertraut ist, glauben, es liege an zu großen Differenzen, die er sich beim Ausgleichen der Stundenantriebsabweichungen erlaubt hat.

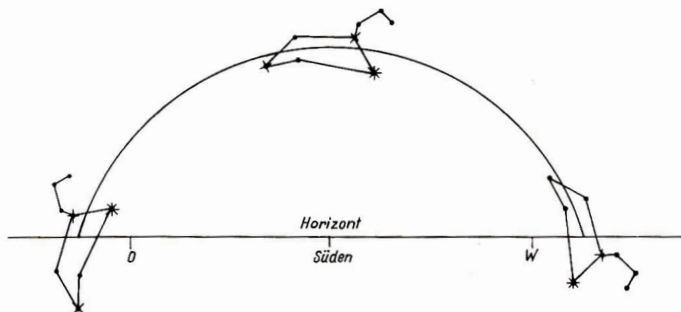


Abb. 1: Lageveränderung von Sterngruppen zum Horizont. (Mit zunehmender geographischer Breite verringert sich diese Erscheinung.)

Ich kann aus meiner Erfahrung sagen, daß die Anforderungen an die Genauigkeit des Stundenantriebes meist überschätzt werden. Die erforderliche Genauigkeit ist mit den eingangs angeführten Kameras auf einer Ib-Montierung ohne weiteres, prinzipiell für beliebig lange Belichtungszeiten, erreichbar. Man muß lediglich den Antrieb durch das Leitrohr, das möglichst stark vergrößern sollte, öfters kontrollieren und eventuelle Abweichungen an der Rutschkupplung ausgleichen. Hat man besonders schwere Geräte auf einer Ib-Montierung im Einsatz und glaubt, daß der 5-W-Motor der Montierung die Antriebsleistung nur schwer erreicht, so genügt eine geringe Verschiebung des Ausgleichgewichts, so daß die Geräteanordnung in Antriebsrichtung etwas überlastig wird. Damit erreicht man, daß der Antrieb sogar etwas zu schnell läuft, was sich beim Korrigieren des Antriebs einer Ib-Montierung an der Rutschkupplung sehr vorteilhaft macht. Man braucht die Rutschkupplung bei der Korrektur nur kurz festzuhalten. Dadurch wird die Antriebsübertragung unterbrochen und der Leitstern wandert durch die tägliche Bewegung wieder langsam an die richtige Stelle im Fadenkreuz des Leitrohres.

Das eben Geschilderte setzt jedoch annähernd den Idealfall voraus, nämlich die exakte parallaktische Aufstellung der Montierung. Jeder Anfänger auf diesem Gebiet wird sich zunächst mit einer einigermaßen genauen Ausrichtung der Montierung zum Meridian und zur Polhöhe begnügen und wird froh sein, daß er dies soweit erreicht hat. Führt man nun mit einer solchen Anlage eine fotografische Beobachtung durch, so stellt man bereits nach wenigen Minuten fest, daß der Leitstern im Fadenkreuz des Leitrohres nicht nur in der Stundenantriebsrichtung, sondern auch in der Höhe abweicht. Nun ist natürlich nichts leichter, als diese Abweichungen mittels der Deklinationsfeinbewegung auszugleichen. Belichtet man so eine Aufnahme eine oder gar zwei Stunden und ist begeistert von der Genauigkeit, mit der man alle aufgetretenen Abweichungen nachgestellt hat, so ist es für denjenigen um so bestürzender, wenn er die Fotoplatte entwickelt hat und das Resultat stundenlanger Mühe und Geduld sieht: ... Striche!

Ein Grund dafür will zunächst gar nicht einleuchten, da man der Meinung sein kann, wenn sich der Leitstern immer exakt im Fadenkreuz befindet, müßte auch eine genaue Nachführung der ganzen Anlage erreicht werden. Von dieser Überlegung ausgehend kommt man zu dem Trugschluß, daß der Stundenantrieb nicht genau genug läuft und die Korrekturen einen zu großen Spielraum ließen. So wird man nichtsahnend weiterexperimentieren.

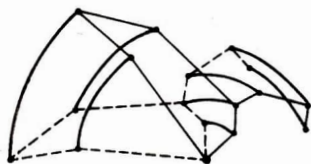


Abb. 2: Verdrehung einer Sterngruppe um den Leitstern (auf einer Fotoplatte) bei azimutaler Nachführung. Belichtungszeit vom Aufgang bis zur Kulmination.

Man kann sich aber viele Enttäuschungen sparen, wenn man folgendes weiß: Treten im obigen Sinne bei gut nachgeführten Sternfeldaufnahmen Striche auf, so liegt in den meisten Fällen der Hauptgrund in der noch zu ungenau parallaktisch justierten Montierung.

Die Erscheinung hängt damit zusammen, daß die Sterne am Himmel scheinbar Kreisbögen beschreiben, deren Lage zum Horizont durch die geographische Breite bestimmt wird. Daher kommt es auch, daß die Sternbilder im Osten eine andere Lage zum Horizont haben, als später im Süden und im Westen. So taucht das Sternbild Löwe schräg mit dem Kopf zuerst über dem Osthorizont hervor. Im Süden hat es sich gedreht und ergibt waagrecht das gewohnte Bild. Im Westen versinkt es mit dem Kopf voran am Horizont (Abb. 1). Wollen wir nun das Experiment machen und mit einer azimutalen Montierung mit Feinbewegungen und Azimutantrieb das Sternbild Löwe fotografieren. Die Belichtungszeit soll vom Aufgang bis zur Kulmination reichen, und der Leitstern soll Regulus sein. Um den Leitstern gut im Fadenkreuz zu halten, müßten wir pausenlos Höhenabweichungen korrigieren. Es ist leicht einzusehen, daß der Leitstern punktförmig abgebildet werden muß, jedoch alle anderen Sterne einen Kreisbogen um den Leitstern beschreiben. (Aus demselben Grund übrigens muß die Fotoplatte bei dem azimutal montierten 6-m-Spiegelteleskop in der SU zusätzlich zum Teleskop gedreht werden.) Der Umfang dieser Kreisbögen nimmt mit zunehmendem Abstand vom Leitstern zu (Abb. 2).

Die gleiche Erscheinung tritt auch bei einer fehlerhaft zum Himmelspol justierten parallaktischen Montierung auf. Jedoch werden die Sternstrichbögen (infolge der geringeren Belichtungszeit und weit besseren Aufstellungsbedingungen) natürlich einen nicht so großen Winkel zum Leitstern beschreiben. Ungenauigkeiten in der Polhöhenjustierung machen sich besonders stark bei aufgehenden und untergehenden Sternen bemerkbar, deren steile Bahn zum Horizont gerade aus der geographischen Breite (also Polhöhe) resultiert. Beim Arbeiten am Südhimmel wirkt sich jedoch eine Fehlerhaftigkeit in der Ausrichtung der Fernrohranlage zum Meridian weit unangenehmer aus. Das Bahnstück in der Kulminationshöhe ist eben beinahe waagrecht zum Horizont. In diesem Bereich kommt selbst eine azimutal aufgestellte Anlage der tatsächlichen scheinbaren Bewegung sehr nahe. Ist jedoch die parallaktische Anlage nicht exakt nach Süden ausgerichtet, so kann es passieren, daß sich die Kamera bereits nach Westen neigt, das zu fotografierende Sterngebiet jedoch noch im Aufsteigen begriffen ist. Dies wiederum führt zu einer Lageverdrrehung aller fotografierten Sterne um den Leitstern. Diese beiden Fehler in der parallaktischen Aufstellung werden deutlich sichtbar, da der Leitstern im Fadenkreuz des Leitfernrohres Höhen-, also Deklinationsabweichungen, zeigt. Diese Abweichungen sind der Tod jeder längerbelichteten Sternfeldaufnahme. Mit jeder Korrektur dieser Abweichungen dreht man die Anlage ein Stück um den Leitstern herum. Je länger man belichtet, umso länger müssen folglich auch die Striche auf der Aufnahme werden. Es ist der klug beraten, der bei Deklinationsabweichungen des Leitsterns beizeiten die Belichtung abbricht.

Damit man Deklinationsabweichungen stets von Stundenantriebschwankungen unterscheiden kann, ist es ratsam, das Fadenkreuzokular des Leitrohres in der Steckhülse so zu drehen, daß eine Koordinatenrichtung immer an einem Strich des Kreuzes entlangläuft. Arbeitet man nach dieser Methode, weiß man bereits nach kurzer Zeit, die Abweichungen richtig zu deuten. Man kann trotzdem mit einer halbwegs genau justierten Ib-Montierung und einer Kamera 4,5/360 nach 30 Minuten Belichtung noch fast punktförmige Sterne erzielen (siehe Abb. 3, S. II). Man muß eben die Höhenabweichungen trotz allem immer korrigieren. Will man aber noch länger erfolgreich belichten, so ist es unvermeidbar, die Aufstellungsgenauigkeit noch weiter zu erhöhen. Mit äußerster Akribie muß die Anlage nach der schon oft beschriebenen Scheinerschen-Methode parallaktisch justiert werden. Die oben beschriebenen Höhen- oder Deklinationsabweichungen sind dabei die Grundlage und der Prüfstein bei der Justiarbeit. Eine solche Arbeit kann bei wenig Erfahrung Stunden in Anspruch nehmen. Das Ziel ist, auch kleinste Deklinationsabweichungen auszuschalten. Ist eine sehr hohe Genauigkeit erreicht, so wird man bei einer Zeiss Ib-Montierung feststellen, daß selbst ein verhältnismäßig geringer Druck gegen die Montierung genügt, um eine winzige Verlagerung der Anlage zu erzeugen, die bereits eine merkliche Verschlechterung der Aufstellungsgenauigkeit zur Folge hat. Es ist also nach erfolgter Justierung sehr behutsam die zu fotografierende Gegend einzustellen. Am besten ist es, man hat bereits vor der Justiarbeit die Kamera mit Kassette und das richtige Leitfernrohr aufgestellt. So vermeidet man alle unnötigen Erschütterungen. Eine ortsfeste Anlage hat natürlich den enormen Vorteil, daß die Justierung eine einmalige Sache ist, die man eventuell von Zeit zu Zeit überprüft und evtl. korrigieren muß. Bei nicht ortsfesten Anlagen ist vor jeder Aufnahme die parallaktische Aufstellung sorgfältigst zu überprüfen, das heißt, 10 bis 15 Minuten lang ein eventuelles Abweichen des Leitsterns in der Deklination zu beobachten. Ist erst nach dieser Zeit eine geringe Korrektur nötig, so kann man, nach meinen Erfahrungen, ohne weiteres 60 bis 90 Minuten mit Erfolg belichten, da dann die auftretenden Abweichungen noch unter der Auflösungsgrenze der Optik und Fotoplatte liegen, also nicht oder kaum erkennbar sind.

Im Gegensatz zu diesen Deklinationsabweichungen, die sich mit zunehmender Belichtungszeit immer verheerender auswirken, sind die kleinen Schwankungen im Stundenachsenantrieb, die man gelegentlich mit kleinen Rucken nachstellt, eine konstante Störgröße, die nicht im Verhältnis zur Belichtungszeit anwächst. Ob wir 5 Minuten oder 2 Stunden belichten, ist bei gleichbleibender Größe der Nachführungskorrekturen ohne Bedeutung, wenn man sich nicht zu große Differenzen, die man bei nötiger Sorgfalt und den eingangs erwähnten Kamerabrennweiten auf einer Zeiss Ib-Montierung nicht zu befürchten braucht, in der Stundennachführung „zu Schulden“ kommen läßt.

Weiterhin ist erwähnenswert, daß die Anforderungen an die genaue parallaktische Aufstellung bei Sternfeldaufnahmen mit Kleinbildkameras praktisch ebenso hoch sind, wie mit schon größeren Astrokameras. Der Grund ist darin zu sehen, daß ein Kleinbildobjektiv, hauptsächlich bedingt durch den winzigen Abbildungsmaßstab, zwar eine viel geringere Auflösung besitzt, jedoch durch das enorm große Blickfeld so weit vom Leitstern entfernte Himmelsgebiete mit erfäßt, daß eine Verdrehung der Kamera auch bei so kurzer Brennweite schon zu Strichbildungen führt.

Nebenbei bemerkt: Arbeitet man an einer schlecht aufgestellten Montierung, so muß man also beim Fotografieren laufend die Höhe, den ablesbaren Betrag der Deklination, verändern. Das bedeutet aber auch, daß das Beobachten mit Hilfe von Teilkreisen zu Fehlern und Mißerfolgen führen muß.

Wer Sternfeldaufnahmen anhand der Originalplatten genau untersucht, der wird unter Umständen entdecken, daß das Zentrum relativ bester Punktschärfe nicht immer beim Leitstern, sondern mehr oder weniger weit von diesem entfernt liegt. Sind Leitrohr und Kamera parallel angeordnet, so kann es sogar auftreten, daß sich das Zentrum, worum die Kreisbogenstriche der Sterne auf einer Platte angeordnet sind, außerhalb der Platte befindet (Abb. 4, S. II). Außerdem kann es noch geschehen, daß die Sternstriche nicht kreisbogenförmig, sondern als senkrechte Striche zum Zentrum relativ bester Punktschärfe hinzeigen.

Zunächst läßt sich bei solchen Fällen feststellen: Wenn ein punktscharfes Zentrum auf der Platte vorhanden ist, war die Stundenachsenachführungsgenauigkeit ausreichend. Wäre dies bei einer exakt aufgestellten Anlage nicht der Fall, so wären alle Sterne einer Aufnahme als gleichlange und gleichgerichtete Striche abgebildet. Sind die Sterne kreisbogenförmig um ein Schärfezentrum außerhalb des Leitsterns gruppiert (siehe Abb. 5, S. III), so liegt der Hauptfehler wiederum in der zu ungenau justierten parallaktischen Anlage. Es tritt jedoch eine weitere störende Nebenerscheinung auf. Kamera und Leitfernrohr behalten ihre Ausgangsstellung während der ganzen Belichtungszeit nicht exakt bei. Auf diese Weise bewegt sich das Zentrum relativ bester Schärfe im Laufe der Belichtung vom Leitstern weg. Ist die Belichtung relativ kurz, und gibt das Leitrohr in der Lage zur Kamera besonders stark nach, so kann es sein, daß diese Erscheinung stärker wirkt, als die Abweichungen durch die Fehljustierung der Anlage. In diesem Falle bilden sich senkrechte Striche, die auf ein Zentrum hindeuten. Im allgemeinen tritt dieser Störeffekt besonders dann zutage, wenn die Belichtungszeit lang ist und große Höhenunterschiede überwunden werden. Diesen Effekt habe ich auch immer wieder an einer Zeiss Ib-Montierung mit handelsüblich aufgebautem Leitrohr festgestellt. Sicherlich ist die Prismenhalterung nicht kräftig genug, um jegliches Nachgeben, besonders bei schwereren Leitrohren (wie Cassegrain-Spiegel oder gar Meniskas) zu verhindern. Hier hilft nur eine radikale Änderung der Kamera-Leitrohr-Anordnung. Am besten ist es, wenn Kamera und Leitrohr miteinander fest verbunden auf die Montierung aufgesetzt werden. Ein eventuelles Nachgeben in der Halterung wird dann von beiden Geräten gleichermaßen ausgeführt und kann nicht mehr schaden.

Wer es erreicht, seine Montierung weitestgehend genau parallaktisch aufzustellen, jegliches Nachgeben zwischen Leitrohr und Kamera zu unterbinden und mit Sorgfalt den Stundenantrieb kontrolliert, muß mit Sternfeldaufnahmen, vom Aufnahmetechnischen her gesehen, Erfolg haben. Voraussetzung ist natürlich, daß die Kamera gut fokussiert ist.

Partielle Sonnenfinsternis vom 29. 4. 1976 – mit Schulfernrohr beobachtet

Beobachtungsort: Wolfen/Bitterfeld, $\varphi = +51,7^\circ$, $\lambda = -12,2^\circ$.

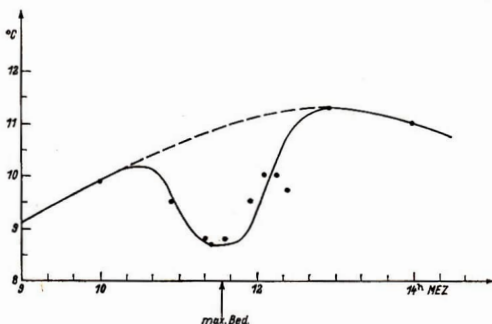
Technische Ausrüstung: Als Beobachtungsinstrument diente das Schulfernrohr 63/840. Ein Orwo-Schutzfilter Nr. 103 wurde als Sonnenblende vor dem Objektiv befestigt. Durch ein Huygens-Okular H 25 und ein Zwischenstück zur Anbringung einer Kamera wurde die Sonne fast formatfüllend auf den Kleinbildfilm NF 20 der Praktika projiziert. Belichtungszeit 1/50 s (lediglich die Aufnahme von 11.23 Uhr erforderte wegen der Bewölkung eine Belichtungszeit von 1/10 s).

Die auf dem Foto (Abb. 1, S. III) abgebildeten Phasen zeigen den Verlauf der Finsternis im Abstand von jeweils 10 min, soweit nicht durch Wolken die Aufnahme um ein bis zwei Minuten verzögert wurde. Erste Aufnahme 10.13 MEZ. Es folgen 10.21, 10.31, 10.41, 10.53, 11.01, 11.12, 11.23 (bewölkt), 11.32 (maximale Bedeckung), 11.41 (Wolkenschleier), 11.51, 12.01, 12.11, 12.23, 12.33, 12.41, 12.51 Uhr MEZ.

Abb. 2:

Verlauf der Lufttemperatur während der partiellen Sonnenfinsternis am 29. 4. 1976.

— Verbindungslinie der Meßpunkte
 --- vermutliche Tageserwärmung ohne die Bedeckung eines Teiles der Sonne.



Obwohl die Sonne in unseren Breiten maximal nur zu etwa 40% bedeckt wurde, konnte ein Temperaturrückgang bis zu 2 °C gegenüber der normalen Tageserwärmungskurve festgestellt werden. Er stimmte trotz einiger Wolkenfelder annähernd mit dem Verlauf der Finsternis überein (Abb. 2).

WOLF-D. SPIETHOFF

Messungen der Temperatur und Himmelselligkeit während der Sonnenfinsternis am 29. April 1976

Eine Gemeinschaftsarbeit

Diesem Bericht liegen Beobachtungen von neun Sternfreunden zugrunde, welche an sieben verschiedenen Orten Messungen der Temperatur vornahmen, und die ihre Ergebnisse für eine gemeinsame Veröffentlichung zur Verfügung stellten.

Beobachter (Wohnort)	Beob.-Ort	φ	λ	n	Cd	Bemerk.
D. Böhme (Nessa)	Tautenburg	+51°0	-11°7	3	BKR	1
Dr. P. Enskonatus (Berlin)	Berlin	52°5	13°4	1	EP	
K. Kirsch (Jena)	Tautenburg	51°0	11°7	3	BKR	1
K.-H. Mau (Wegeleben)	Wegeleben	51°9	11°1	2	MK	
G. Renner (Jena)	Tautenburg	51°0	11°7	3	BKR	1
P. Reinhard (Wien)	Mykonos	37°4	25°4	2	RP	2
J. Schäfer (Hohenstein-Ernst.)		50°8	12°7	1	SJ	
J. Thumer (Schmölln)	Posterstein	50°9	12°4	1	TJ	
A. Winzer (Cottbus)	Cottbus	51°8	14°3	2	WA	

Es bedeuten: φ : geograph. Breite λ : geograph. Länge

n: Anzahl der mitgeteilten Meßreihen

Cd: Kennzeichnung der Beobachter im vorliegenden Aufsatz

Bemerkungen: 1 Die Beobachter Böhme, Kirsch und Renner arbeiteten in einer Gruppe

2 Reinhard verfolgte die Finsternis in der ringförmigen Finsterniszone in Griechenland

1. Kennzeichnung der globalen Wetterlage in der DDR

Die am 28. 4. eingeströmte arktische Polarluft kam schon im Laufe der Nacht zum 29. 4. zu einer Beruhigung. In der zweiten Nachthälfte klarte es im überwiegenden Teil der DDR auf, was ein Abfallen der Temperatur auf Minimumswerte zwischen -2 und -6 °C zur Folge hatte. Der Beginn der Finsternis konnte bei meist wolkenlosem oder gering bedecktem Himmel beobachtet werden. An den hier aufgeführten Beobachtungspunkten trat eine Bewölkungszunahme bis zum Ende der Finsternis ein. Der Bedeckungsgrad überschritt jedoch nicht mehr als 40–60%. Teilweise kam es auch zu Schneeschauern.

Die Tageshöchsttemperaturen wurden in den späten Nachmittagsstunden zwischen 8 und 10 °C gemessen.

2. Auswertung der Meßreihen

Zur Auswertung kamen die insgesamt zwölf oben genannten Meßreihen. Allerdings ist es nicht möglich, diese unmittelbar miteinander zu vergleichen, da von den Beobachtern mit unterschiedlichen Mitteln und Methoden gearbeitet wurde. Zwischen allen Einzelergebnissen konnten jedoch bestimmte allgemeine Analogien gefunden werden. Im Diagramm 1 ist der gemittelte Temperaturverlauf, welcher anhand von Messungen im Schatten durch die Beobachter SJ, TJ und WA gewonnen wurde, dargestellt. Die Einzelkurven wurden vorher in der Weise normiert, daß jeweils dem ersten gemessenen Temperaturmaximum der Wert 1 zugeordnet worden ist, dementsprechend ist auch die Abszisse unterteilt. Nach Meinung des Berichterstatters kann diese Änderung der Temperatur nur durch einen Einfluß der Sonnenfinsternis erklärt werden. Nach Beginn der Messungen nahm die Temperatur mit höhersteigender Sonne zu. Gegen 10 Uhr wurde ein erstes, recht spitzes Temperaturmaximum erreicht. Unmittelbar nach Beginn der Finsternis wurde ein stetiger Temperaturabfall registriert, so daß etwa zum Zeitpunkt der größten Phase ein Temperaturminimum eintrat. Das Ende der Finsternis, in Form eines Knickes der Temperaturkurve, war nicht nachzuweisen, aber dies läßt sich durch die Überlagerung einer rein meteorologisch bedingten Temperaturzunahme erklären. Da diesen prinzipiellen Verlauf alle 12 Einzelkurven belegen, besteht kaum ein Zweifel an dem Einfluß der Sonnenfinsternis auf den Gang der Temperatur. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die Ergebnisse durch das Auftreten der Bewölkung lokal verfälscht wurden.

Tabelle 1 gibt einige charakteristische Daten der einzelnen Temperaturkurven wieder. Die Reihen von EP, wie eine Reihe von RP wurden aus Genauigkeitsgründen nicht berücksichtigt. Der k-Faktor, welcher das Verhältnis zwischen Temperaturmaximum und Temperaturminimum in den Reihen angibt, also den Grad des Einflusses der Sonnenfinsternis auf die Temperatur, zeigt eine Abhängigkeit vom Meßverfahren. Folgende mittlere k-Faktoren wurden erhalten:

Tabelle 1:

Beobachter Methode	BKR So	BKR So	BKR So	MK So	MK Sch	RP So	SJ Sch	TJ Sch	WA Sch	WA So
T_{min}	6,5	5,3	4,9	10,0	7,2	19,1	3,9	7,2	2,3	8,4
t_{min}	11,28	11,23	11,33	11,38	10,45	11,52	11,34	11,32	11,21	11,36
T_{max}	18,7	11,0	10,8	15,0	11,5	53,6	5,7	9,6	4,3	17,8
t_{max}	10,06	10,03	10,10	—	—	10,11	10,22	10,04	10,57	10,54
k	0,346	0,481	0,452	—	—	0,309	0,684	0,750	0,535	0,472

Erläuterung: Methode (So — direkt in der Sonne gemessen) — (Sch im Schatten gemessen)
 T_{min} : gemessenes Temperaturminimum in °C — t_{min} : Zeitpunkt dieses Temperaturminimums
 T_{max} : erstes gemessenes Temperaturmaximum in °C — t_{max} : Zeitpunkt dieses Temperaturmaximums
 $k = T_{min}/T_{max}$

Thermometer direkt der Sonne ausgesetzt $k = 0,424$ ($n = 5$)

Thermometer im Schatten $k = 0,656$ ($n = 3$)

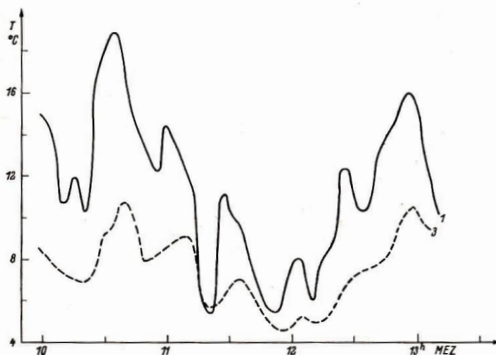


Abb. 1:
Temperaturmessungen
der Gruppe BKR
1 — mit Thermometer 1
3 — mit Thermometer 3

Abb. 2:
Mittlerer Gang der Temperatur an-
hand der Messungen von SJ, TJ
und WA.

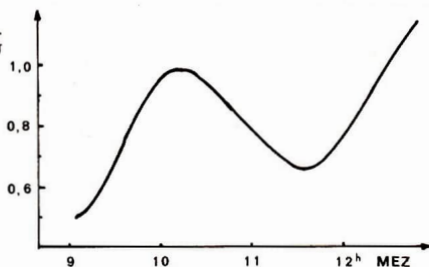


Abb. 3:
Temperaturmessungen von RP in
Griechenland.

+ „Flaschenthermometer“
● Bimetallthermometer

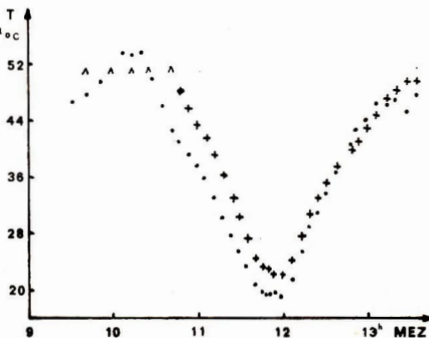
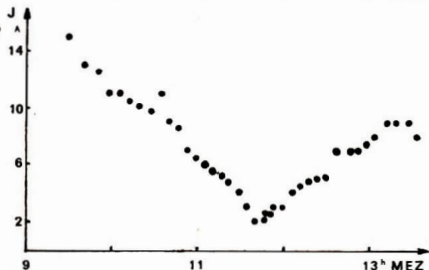


Abb. 4:
Photometrische Messungen von RP
in Griechenland.



Die genauesten und auch umfangreichsten Messungen wurden von der Gruppe BKR in Tautenburg erhalten. Es wurde hier mit drei Thermometern gearbeitet, die sich etwa 50 cm über dem Erdboden befanden und der Sonne nachgeführt wurden. Bei den Thermometern 1 und 2 handelt es sich um Erdbodenthermometer mit 2/10 Grad Teilung. Der Meßkopf von Thermometer 2 wurde mit Ruß geschwärzt. Die Auswertungen ergaben, daß das geschwärzte Thermometer wesentlich empfindlicher reagierte. Zwischen den Meßresultaten von 1 und 2 bestand eine exakte lineare Beziehung.

$$T_1 = T_2 - (T_2 - 3,8) 0,50 \quad (1)$$

T_1 = gemessene Temperatur mit Thermometer 1

T_2 = gemessene Temperatur mit Thermometer 2

T_3 = gemessene Temperatur mit Thermometer 3

Das dritte Temperaturmeßinstrument war eine etwas andere Konstruktion. Ein Laborthermometer mit 5/10 Grad Teilung wurde in eine Flasche (0,21 Volumen) mit seinem Meßteil eingebracht. Die Flasche wurde verschmolzen und ihr Boden von außen mit Ruß geschwärzt, die restliche Oberfläche mit weißer Farbe abgedeckt. Während der Messungen wurde das Instrument mit dem Boden zur Sonne ausgerichtet. Ein Thermometer gleicher Konstruktion verwandte RP in Griechenland. Die erhaltenen Temperaturkurven (Diagramm 2) sind wesentlich ausgeglichener. Das Thermometer 3 zeigte im Vergleich zu Thermometer 1 die Temperatur mit einer Verzögerung von 5 Minuten an. Bedingt durch diese Trägheit bestand zwar zwischen den Meßergebnissen von 3 und 1 bzw. 3 und 2 eine lineare Beziehung, aber es machte sich eine beträchtliche Streuung bemerkbar.

$$T_3 = T_1 - (T_1 - 6^{\circ}4) 0,26 \quad (2)$$

$$T_3 = T_2 - (T_2 - 7^{\circ}1) 0,67 \quad (3)$$

3. Photometrische Messungen

Von den Beobachtern BKR, RP und SJ konnten drei mit ähnlichen Instrumenten erhaltene photometrische Meßreihen analysiert werden. Es wurde durchweg mit Selenzellen die Helligkeit im Zenit gemessen. Die Reihen von BKR und SJ zeigen eine vom Gang der Bewölkung abhängige Helligkeit, weisen jedoch keinen systematischen Gang derselben in Beziehung zur Sonnenfinsternis nach. Die von RP in der ringförmigen Zone gewonnenen Messungen zeigen im Vergleich dazu diesen Einfluß sehr deutlich. RP arbeitete unter optimalsten Bedingungen, während der gesamten Finsternis war an seinem Beobachtungsort der Himmel völlig wolkenlos. Anhand der Diagramme für die Beobachtungen von RP läßt sich eine Verspätung des Temperaturminimums gegenüber dem Helligkeitsminimum von etwa 5 Minuten sicher belegen.

Berichterstatter: DIETMAR BÖHME

Literatur:

(1) Meteor, Zeitschrift d. Urania-Sternwarte Budapest, (1976/3), 8. (2) Zeitz, G.: Die Sterne 37 (1961), 169. (3) Pirschel, J.: Die Sterne 37 (1961), 200. (4) Ahnert, P.: Die Sterne 36 (1960), 38.

Zwischen Kap Arkona und Schönberg

Mathematisch-astronomische Studie über das Territorium der Deutschen Demokratischen Republik

ARNOLD ZENKERT

Mit einer Nord-Südausdehnung von 503 km und einer Ost-West-Ausdehnung von 365 km bedeckt das Staatsgebiet der DDR eine Fläche von 108174 km². Mit der Gesamtoberfläche unserer Erde verglichen, handelt es sich hierbei nur um 0,0189 %, mit der Oberfläche des festen Landes um 0,0725 %.

Die DDR wird von folgenden äußersten Punkten begrenzt:

Norden:	Gellort nördlich Kap Arkona	54°41' nördl. Breite
Süden:	Zollhaus Schönberg (Vogtl.)	50°10' nördl. Breite
Osten:	Neiße bei Deschka nördl. Görlitz	15°02' östl. Länge
Westen:	Breiter Berg westl. Gelsmar (Rhön)	9°54' östl. Länge

Die verhältnismäßig geringe Ausdehnung in der geographischen Breite von 4°31' und in der geographischen Länge von 5°08' wirkt sich jedoch bereits auf verschiedene Erscheinungen am gestirnten Himmel in mathematisch-astronomischer Hinsicht augenfällig aus. Es ist gewiß von Interesse, sich einmal diese Unterschiede bewußt zu machen. Die Aufgabe dieser Studie soll es sein, diese Unterschiede zwischen dem nördlichsten und südlichsten Punkt einerseits und dem östlichsten und westlichsten Punkt andererseits darzulegen. Im folgenden werden die vier Begrenzungspunkte mit N, S, E und W bezeichnet.

Erscheinungen der Sonne

	N	S
1. Aufgangesazimut der Sonne am 21. 6.	228°40'	233°30'
Untergangesazimut der Sonne am 21. 6.	131°20'	126°30'
Aufgangesazimut der Sonne am 22. 12.	311°20'	306°30'
Untergangesazimut der Sonne am 22. 12.	48°40'	53°30'

2. Aufgangszeit der Sonne am 21. 6. (auf 15° S. L.)	3.22 Uhr MEZ	3.49 Uhr
Untergangszeit der Sonne am 21. 6.	20.40 Uhr	20.14 Uhr
Aufgangszeit der Sonne am 22. 12.	8.21 Uhr	7.57 Uhr
Untergangszeit der Sonne am 22. 12.	15.38 Uhr	16.00 Uhr
3. Tageslänge am 21. 6.	17 Std. 08 Min.	16 Std. 25 Min.
Tageslänge am 22. 12.	7 Std. 07 Min.	8 Std. 03 Min.
4. Kulminationshöhe der Sonne am 21. 6.	58°46'	63°07'
Kulminationshöhe der Sonne am 21. 3. u. 23. 9.	35°19'	39°50'
Kulminationshöhe der Sonne am 22. 12.	11°54'	16°23'
5. Dauer der Mitternachtsdämmerung (Sonnentiefe höher als 18°)	85 Tage (11. 5. – 4. 8.)	41 Tage (2. 6. – 12. 7.)
6. Dauer der nautischen Dämmerung (Sonne 12° unter dem Horizont)	die ganze Nacht hindurch 1 Std. 28 Min.	
Sonne am 21. 6.		1 Std. 23 Min.
Sonne am 22. 12.		1 Std. 20 Min.

Die Azimutzählung entspricht der in der Schulastronomie gebräuchlichen von S-W-N-E (0° bis 360°).

Die Übersicht zeigt deutlich mehrere Unterschiede, die uns bei den Kalenderangaben, die einen Mittelwert ausdrücken müssen, nicht genug bewußt werden:

Die Auf- und Untergangssazimute der Sonne erreichen selbst im Norden nicht SE, SW bzw. NE und NW. Dies ist erst auf einer geographischen Breite von 55°40' N der Fall. Die Unterschiede bei den Sonnenauf- und -untergängen sind beachtlich und betragen zwischen 24 und 27 Minuten, dementsprechende Unterschiede weisen auch die Tageslängen auf.

Auch die Anzahl der Stunden der möglichen Sonnenscheindauer differiert zwischen N und S. Sie beträgt im N 4466 Stunden, im S 4453 Stunden. Da die Stundenzahl eines Gemeinjahres 8760 Stunden beträgt, ergibt sich für die Mitte der DDR (52° n. Br.) eine jährliche Stundenzahl von 4302 ohne Sonne (49,11 %).

Alle bisher gemachten Angaben gelten für den Meereshorizont unter Berücksichtigung der Horizontalrefraktion.

Vergleicht man die Sonne, deren Deklination zwischen -23,5° und +23,5° liegt, mit Sternen größerer bzw. kleinerer Deklinationen, werden die angeführten Unterschiede noch größer.

Erscheinung	Kastor (alpha Geminorum) Dekl.: + 32°	Fomalhaut (alpha Piscis austr.) Dekl.: - 29°53'		
	N	S	N	S
Aufgangssazimut	203°40'	214°10'	329°30'	321°
Untergangssazimut	156°20'	143°50'	30°30'	39°
Kulminationshöhe	67°19'	71°50'	5°28'	9°57'
Dauer des Sichtbarkeitsbogens	19 Std. 32 Min.	18 Std.	4 Std.58 Min.	6 Std.24 Min.

Bei Kastor fehlt nicht mehr viel an der Zirkumpolarität, die im N bei einer Deklination von +35°19' erreicht wird.

Mit der geographischen Breite ändert sich auch der sichtbare Teil des Sternhimmels und damit der Bereich der Zirkumpolarsterne.

	N	S
Alle Sterne bis zu einer Deklination sind sichtbar	-35°19' (epsilon in der Taube, +3,9m)	-39°50' n im Centauren
Grenze der Zirkumpolarsterne bei einer Deklination von	+35°19' (beta l. d. Andromeda +2,4m)	+39°50' (epsilon im Perseus, +3m)

Alle Sterne, deren Deklination der geographischen Breite entspricht, kulminieren im Zenit („Zenitsterne“).

Wega in der Leier kann die unterschiedliche Sichtbarkeit des Sternhimmels gut veranschaulichen: Im N kann Wega bei der unteren Kulmination in einer Höhe von 3°26' beobachtet werden, im S dagegen befindet sie sich bereits 1°05' unter dem Horizont. Die Grenze der Zirkumpolarität für Wega liegt demnach bei einer geogr. Breite von 51°16' N (etwa Heiligenstadt-Leipzig-Riesa-Neukirchen).

Auch bei Kapella im Fuhrmann ist ein deutlicher Unterschied in der unteren Kulmination festzustellen: Im N in 8°44' und im S in 4°13' Höhe über dem Horizont.

Interessante Gesichtspunkte ergeben sich auch für die Lage der Mondbahn an der Sphäre.

Die Neigung der Mondbahnebene gegen die Erdbahnebene (Ekliptik) um rund 5° hat zur Folge, daß die Mondstände um diesen Betrag von den Sonnenständen differieren können. Während die maximale Sonnendeklination ±23,5° erreichen kann, schwanken die Monddeklinationen je nach der Lage der Knoten zwischen -28,5° und +28,5°. Dementsprechend müssen sich auch die Kulminationshöhen des Mondes verändern. Infolge der rückläufigen Knotenwanderung ändert sich die Situation und wiederholt sich alle 18,6 Jahre.

Die besonders großen und extrem tiefen Kulminationshöhen des Mondes treten nur dann auf, wenn der aufsteigende Mondknoten im Frühlingspunkt liegt, wie es Anfang 1969 der Fall war und in der 2. Jahreshälfte 1986 wieder eintreten wird. Jeweils in einem Abstand von 90° vom Knoten treten die größten Abweichungen von der Ekliptik auf, 5° nach Norden bzw. nach dem Süden. In diesem Zusammenhang sind nur die beiden Mondknotenlagen im Frühlingspunkt sowie im Herbstpunkt von Interesse.

1. Im Frühlingspunkt

größte Nordabweichung von der Ekliptik im Sommerpunkt
größte Südabweichung von der Ekliptik im Winterpunkt

63°54' 68°15'
6°44' 11°15'

2. Im Herbstpunkt

größte Nordabweichung von der Ekliptik im Winterpunkt
größte Südabweichung von der Ekliptik im Sommerpunkt

17°02' 21°31'
53°38' 57°59'

Im Fall 1. haben wir die extremen Mondhöhen von über 57° Unterschied (zweimal 23,5° + zweimal 5°), im Falle 2. dagegen nur von über 36°. Der Fall 2. wird wieder Mitte 1978 eintreten.

Unterschiede ergeben sich auch in mathematisch-geographischer und kartographischer Hinsicht. Der Umfang der Breitenkreise (Parallelkreise) verringert sich mit zunehmendem Abstand vom Äquator. Beträgt der Umfang am Äquator 40074,14 km, so sind es im S der DDR nur noch 25630,33 km und im N nur noch 23125,71 km. Mit zunehmender Breite nimmt die Rotationsgeschwindigkeit, die am Äquator 465,12 m sec⁻¹ beträgt, ab. Im S sind es 297,46 m sec⁻¹ und im N 268,39 m sec⁻¹. In diesem Zusammenhang ändert sich auch die Parallelgradlänge, die folgende Werte erreicht:

	N	S
Grad	64,238 km	71,195 km
Bogenminute	1,071 km	1,186 km
Bogensekunde	0,0178 km	0,0197 km

Die Rotationsgeschwindigkeit liegt bei uns noch unter der Schallgeschwindigkeit. Für ein Flugzeug, in dem „die Sonne nicht untergeht“, ist in der Mitte der DDR eine Geschwindigkeit von 1008 km in der Stunde erforderlich — man kommt noch mit einem Nicht-Überschallflugzeug aus, was am Äquator nicht mehr der Fall ist.

Für die Beobachtung von Sternbedeckungen sind die genauen geographischen Koordinaten erforderlich, da die Parallaxe durch den erdnahen Mond groß ist und nicht vernachlässigt werden darf. Im Kalender für Sternfreunde sind nur die Angaben für Potsdam enthalten. Die dafür notwendige Umrechnung wird erläutert. An den Städten Stralsund und Suhl, die nahe von N bzw. S liegen, sollen diese Unterschiede im Vergleich zu Potsdam dargestellt werden:

Der Stern beta Sorpionis (+2°9) wurde am 17. April 1976 vom Mond bedeckt.

	Potsdam	Stralsund	Suhl
Eintritt	0 ^h 47,5 ^{min}	0 ^h 47,9 ^{min}	0 ^h 47,05 ^{min}
Austritt	1 ^h 54,5 ^{min}	1 ^h 50,0 ^{min}	1 ^h 50,3 ^{min}
Positionswinkel Eintritt	80°	77°	85°
Positionswinkel Austritt	300°	303°	295°

Die Angaben für Potsdam stammen aus dem Kalender für Sternfreunde 1976.

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf die Unterschiede in der geographischen Breite. Im folgenden soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie sich der geographische Längenunterschied zwischen E und W auswirkt.

Der Längenunterschied von 5°08' entspricht einem Zeitunterschied von 20 Minuten 32 Sekunden, der als Ortszeitdifferenz doch schon beachtlich ist. Dies bedeutet, daß fast für das gesamte Staatsgebiet der wahre Mittag nach der MEZ eintritt, im W beträgt diese Verspätung bereits 20 Min. 24 Sek. Nur für ein winziges Gebiet, das östlich vom mitteleuropäischen Einheitsmeridian von 15° östl. Länge liegt, tritt der wahre Mittag vor dem mittleren Mittag ein. Beim Punkt E beträgt dies nur 8 Sekunden (= 2').

Diese „Verspätung“ des wahren Mittags in westlicher Richtung kann sich in Verbindung mit der Zeitgleichung noch verstärken auswirken. Der wahre Mittag (obere Kulmination der Sonne) am 12. Februar tritt infolge der Zeitgleichung von -14,3 Min. erst um 12^h34^m44^s MEZ ein. Der Betrag der Zeitgleichung muß zu der Ortsdifferenz (auf 15° ö. L. bezogen) hinzugezählt werden. Eine Sonnenuhr geht an diesem Tag in W um mehr als eine halbe Stunde nach.

Anders dagegen, wenn die Zeitgleichung einen positiven Betrag erreicht, d. h., wenn die Sonnenuhren vorgehen: Am 3. November muß dagegen die Differenz zwischen wahren Mittag und MEZ im Punkt W unter der Ortszeitdifferenz liegen, u. zw. 20 Min. 24 Sek. - 16 Min. 15 Sek. = 4 Min. 9 Sek. Um diesen Betrag tritt der wahre Mittag nach dem mittleren Mittag ein, d. h. um 12^h49^m9^s MEZ. Dies bedeutet, daß alle Orte östlich von 10°56,5' ö. L. den wahren Mittag vor 12 Uhr MEZ haben. Der genannte Längengrad geht etwa durch die Orte Arnstadt, Blankenburg (Harz) und Schönberg (Bez. Schwerin).

Übertragen wir einmal den geographischen Längenunterschied auf das Äquatorsystem des Himmels: gamma Orionis (Betlatrix) kulminiert um den Betrag von 20 Min. 32 Sek. früher als zeta Orionis (der untere Gürtelstern).

Es ließen sich gewiß noch mehr Beispiele für unsere mathematisch-astronomische Studie finden. Der Beitrag sollte einige wichtige aufzeigen, der Leser sollte für ein Mußestündchen, wenn die Witterung keine Beobachtung zuläßt, einige Anregungen bekommen.

Literatur:

Ahnert, P.: Kalender für Sternfreunde 1976, Leipzig 1975. — Berliner Astronomisches Jahrbuch 1957, Berlin 1955. — Láska, W.: Lehrbuch der Astronomie, 1. Teil, Bremerhaven 1906. — Meyers Handbuch über das Weltall, Mannheim 1973.

Kurzberichte

Arbeitsgruppen für aktive Beobachter

Vor einigen Jahren schlossen sich die aktiven Beobachter veränderlicher Sterne in einer Arbeitsgruppe zusammen, die von Bundesfreund Helmut Busch (Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha Kr. Döbeln) betreut wird und seither eine außerordentlich effektive Arbeit leistet. Bemerkenswert an dieser Gruppe ist, daß sie sich nicht auf die in territorialen Fachgruppen des Kulturbundes organisierten Amateurastronomen beschränkt, sondern für alle, auch für die ohne Bindung an eine Gruppe tätigen Sternfreunde, offen ist. Wie intensiv im Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ beobachtet wird, geht aus folgenden Zahlen hervor:

Innerhalb eines Jahres wurden von 19 Beobachtern an 253 Sternen 20948 Einzelbeobachtungen erhalten. Daraus ergaben sich z. B. 979 Minima bzw. Maxima kurzperiodischer Veränderlicher. An halb- und unperiodischen Veränderlichen wurden 1688 Einzelbeobachtungen angestellt. Die Auswertung dieses reichhaltigen Materials erfolgte u. a. auch im internationalen Maßstab.

Dieses positive Beispiel hat den ZFA Astronomie veranlaßt, weitere thematische Arbeitsgruppen mit derart spezieller Zielsetzung ins Leben zu rufen. Sie sollen die herkömmliche Tätigkeit der Fachgruppen und Bezirksfachausschüsse nicht ersetzen, sondern ergänzen. Insbesondere sollen sie denjenigen Amateurastronomen die Möglichkeit zu intensiver Mitarbeit verschaffen, die bisher – z. B. weil an ihrem Wohnort keine Fachgruppe Astronomie existiert – nur wenige oder gar keine Bindungen zu zentralen Beobachtungsprogrammen und -anleitungen hatten.

Der ZFA Astronomie hat die Bildung folgender thematischer Arbeitsgruppen beschlossen:

Fachgebiet	Name und Adresse des Leiters
Sonne	Heinz Albert, Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8
Planeten	Hans-Joachim Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Str. 44
Kometen	Prof. Edgar Penzel, Schulsternwarte, 9706 Rodewisch, Rötzengrüner Str. 41a
Meteore	Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestr. 5
Sternbedeckungen	Edgar Otto, Schul- und Volksternwarte „Juri Gagarin“, 728 Eilenburg, Am Mansberg

Die Tätigkeit der bereits bestehenden Arbeitsgruppe

Veränderliche
Helmut Busch, Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, 7302 Hartha, Gallberg

wird fortgesetzt.

Alle Interessenten an speziellen Beobachtungs- und Auswertearbeiten auf den genannten Gebieten sind aufgerufen, mit dem Leiter der betreffenden Arbeitsgruppe Verbindung aufzunehmen, um die Form und den Umfang der jeweiligen Mitarbeit zu vereinbaren. Für die Zukunft ist vorgesehen, daß die Arbeitsgruppen in größeren Abständen Fachtagungen durchführen, damit die Beobachter sich untereinander kennenlernen und ihre Zusammenarbeit koordinieren können.

Mit der Gründung thematischer Arbeitsgruppen setzt sich eine Entwicklung fort, die durch die Beobachterseminare des Zentralen Fachausschusses Astronomie seit 1968 eingeleitet wurde und die das Ziel verfolgt, die aktive beobachtende Tätigkeit der Sternfreunde in der DDR zu fördern. Sie kann das Niveau der Amateurastronomie in unserem Lande entscheidend beeinflussen.

Zentraler Fachausschuß Astronomie
Dr. Klaus Lindner, Vorsitzender

Jugendlager Astronomie, 14.–22. 8. 1976

Das Jugendlager fand auf der Volksternwarte in Apolda statt. Die Teilnehmer waren Jugendliche aus mehreren Bezirken unserer Republik. Das gute Wetter ermöglichte eine intensive Beobachtertätigkeit. Dazu standen alle Beobachtungsgeräte der Sternwarte zur Verfügung. Neben den sehr zahlreich durchgeführten visuellen Beobachtungen am 40-cm-Cassegrain-Spiegelteleskop und den kleineren Refraktoren bekam jeder genaue Anleitung für die Durchführung einer Beobachtung sowie für das Anfertigen von Astroaufnahmen. Handelsübliche Kleinbildkameras sowie spezielle Astrokameras wurden von Dipl.-Astronom E. Bartl ihrem Arbeitsprinzip und Eigenschaften nach genau erklärt und dann in der Praxis angewandt. Es dauerte nicht lange, bis bei jedem Amateur das Interesse für ein bestimmtes Beobachtungsgerät geweckt war. Gruppen mit gleichen Beobachtungszielen bildeten sich und nutzten so gemeinsam die günstigen Beobachtungsbedingungen. Besonders aufmerksam verfolgten die Amateure die Vorträge über den Bau eines Beobachtungsinstrumentes sowie einer Beobachtungsoberfläche. Weitere Vorträge wurden gehalten über das Auflösungsvermögen, Entstehung des Bildes, Fokussierung und Reichweite optischer Strahlungsempfänger sowie über schromatische Linsensysteme, Eigenschaften von Fotoemulsionen, Bedeutung der Spektralanalyse für die Astrophysik und die Beobachtbarkeit von Messier-Objekten.

Die Lagerbibliothek bot jedem Teilnehmer ein vielseitiges Angebot an Fachliteratur und Fachzeitschriften. Den Höhepunkt des Lagers bildete eine Exkursion zum Karl-Schwarzschild-Observatorium in Tautenburg und der anschließende Besuch der Dornburger Schlösser.

Neben den fachlichen Veranstaltungen bot sich für jeden Amateur viel Zeit für persönliche Gespräche und Diskussionen. Zwar stand ein festes wissenschaftliches Lagerprogramm im Vordergrund, doch am gemeinsamen Klobesuch und an dem auf der Sternwarte veranstalteten Thüringer-Rostwurstessen nahmen alle vernünftige teil.

Das ganze Jugendlager war gekennzeichnet durch einen intensiven, vielseitigen Erfahrungsaustausch unter den Amateuren sowie durch viele unvergeßlich interessante, fröhliche und lehrreiche Stunden auf der Sternwarte. Lager wie dieses sollten jedes Jahr durchgeführt werden – das war der Wunsch aller Teilnehmer, als sie am letzten Tag die Sternwarte verließen.

Die Fachgruppe Astronomie in Apolda plant daher, im Sommer 1977 wieder solch ein Jugendlager auf dem Sternwartengelände durchzuführen.

GERBURG UNGER

Arbeitskreis Gnomonik

Auf dem Gebiete der Gnomonik fehlt es bisher in den Fachgruppen trotz des mancherorts bestehenden Interesses an Aktivitäten. Für die Freunde der Astronomie und die Amateurastronomen bietet die Beschäftigung mit den Sonnenuhren verschiedenster Art interessante und auch praxisbezogene Arbeitsmöglichkeiten. Der Zentrale Fachausschuß Astronomie beabsichtigt daher die Gründung eines Arbeitskreises für Gnomonik, der folgende Aufgabengebiete umfassen soll:

1. Erfassung und Beschreibung historischer und künstlerischer wertvoller Sonnenuhren in der Deutschen Demokratischen Republik.
2. Zusammenarbeit mit dem Institut für Denkmalschutz, um wertvolle ortsfeste Sonnenuhren unter Denkmalschutz zu stellen sowie mit den Museen, um tragbare Sonnenuhren vor dem Verlorengang und Abwandern zu schützen.
3. Zusammenarbeit mit der Städteplanung, um Anregungen und Ratschläge zum Anlegen von Sonnenuhren bei der Neugestaltung unserer Städte, Dörfer, Parkanlagen, Erholungszentren zu geben.

4. Popularisierung historisch und künstlerisch wertvoller Sonnenuhren durch Vorträge, Herstellung von Foto-sammlungen sowie Dia-Serien.
5. Veröffentlichungen in Zeitschriften und in der Tages-presse über bedeutende Sonnenuhren als Dokumente der Zeitmessung.

Teilnehmer des Arbeitskreises für Gnomonik kann jeder werden, der sich für dieses Gebiet interessiert und die erforderlichen fachlichen Voraussetzungen besitzt. Es wird angestrebt, daß die Teilnehmer dieses Arbeitskreises sich nach Möglichkeit über das gesamte Gebiet der DDR verteilen, um somit eine umfassende Erfassung zu gewährleisten.

Interessenten wollen sich bitte beim Bundessekretariat des Kulturbundes der DDR, Abt. Natur und Heimat, ZFA Astronomie, 104 Berlin, Hessische Str. 11–12, melden.

Meteorbeobachter

Am 6. 11. 1976 fand im Potsdamer Astronomischen Zentrum eine Zusammenkunft der Meteorbeobachter statt. Es wurden in vier kurzen Vorträgen Ergebnisse und Erfahrungen der diesjährigen Perseidenbeobachtung mitgeteilt. H. Röllig sprach über die Resultate, die mit ungeübten Beobachtern gesammelt wurden. Er zeigte, daß bereits nach kurzer Einweisung gute Beobachtungen durchgeführt werden konnten. Auf die Schwierigkeiten der Radantenbestimmung ging H. Urbanski ein. J. Rendtel legte den bisherigen Stand der Auswertung des Materials der „Schmergore Gruppe“ dar, und A. Wedel faßte die Erfahrungen zusammen, die während der „Vollmondbeobachtungen“ gesammelt wurden.

Für weitere gemeinsame Aktionen vereinbarten die Teilnehmer einheitliche Grundlagen zur Erfassung der Daten. Es erfolgten gleichzeitig Absprachen für kommende Strombeobachtungen.

J. RENDTEL

Aus der Literatur

Die kosmischen Lichtblitze

Kosmonauten berichteten immer wieder von Lichtblitzen, die sie während ihrer Flüge im Weltraum wahrnahmen. Diese sonderbaren farblosen Lichtblitze waren erstmals von der Apollo-11-Besatzung im Jahr 1969 auf ihrem Flug zum Mond beobachtet worden. Sie traten alle ein bis zwei Minuten auf, sobald es im Raumschiff dunkel wurde, und konnten mit offenen und geschlossenen Augen wahrgenommen werden. Die beiden Astronauten der Landefähre von Apollo 14 beobachteten sie 1971 auch auf dem Mond, und der sowjetische Kosmonaut Dr. Nikolai Rukawischnikow nahm sie im gleichen Jahr an Bord von Sojus 10 erstmals in Erdnähe wahr.

Physiker vermuteten, daß es sich um schnelle Neutronen, Stickstoffionen oder Heliumpartikel handeln müsse. Laboruntersuchungen bestätigten, daß schwere Ionen, wenn sie auf die Netzhaut des menschlichen Auges auf-treffen, als Lichtblitze wahrgenommen werden. Einschläge an den Haarwurzeln ließen das Haar ergrauen.

Auf dem Astronautenkongreß berichteten sowjetische wie amerikanische Wissenschaftler von über zehn verschiedenen Blitzformen – vom feinen Strich bis zur diffusen Wolke – die bisher ermittelt wurden. Eine lichtdichte Spezialmaske verhalf zu weiteren Aufschlüssen. Nahe der Südamerika vorgelagerten Südatlantischen Anomalie, wo der Protonenstrom mehr als 1000mal größer ist als in den anderen Teilen der Erdumlaufbahn, wurden in einer Höhe von 443 km über neun Lichtblitze pro Minute protokolliert. Während des Sojus-Apollo-Fluges zählten die Besatzungen weit

Neues ungarisches Teleskop

Vor einiger Zeit wurde in Piskéstető im Matra-Gebirge (nordöstl. von Budapest) ein neues Teleskop der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Betrieb genommen. Mit einer freien Öffnung von 1016 mm ist es das größte Instrument der VR Ungarn. Die Herstellung erfolgte in den Werkstätten des VEB Carl Zeiss Jena. Das ungarische Instrument gehört zu der 1972 begonnenen Serie, von der Teleskope nach Indien (Nainital, Kavalur) sowie in die Sowjetunion (Alma Ata, Dushanbe) geliefert worden sind. Der Bau des optischen Systems erfolgte nach Ritchey-Chrétien, das ähnlich dem System Cassegrain aus einem Haupt- und einem Nebenspiegel besteht, deren Gestalt jedoch von der paraboloiden und hyperboloiden Form abweicht. Der Primärspiegel besitzt eine Brennweite von 4000 mm, im Ritchey-Chrétien-System beträgt das relative Öffnungsverhältnis 1:13 und im Coudé-System 1:30.

Das Teleskop arbeitet auf der englischen Montierung; es ist vorwiegend für fotoelektrische, fotometrische und spektrometrische Arbeiten bestimmt. Für Fotoarbeiten im System R-C werden Platten von 16 mal 16 cm verwendet. Im System Coudé ist ein Gitter-Spektrograf installiert. Das Instrument gehört zu den modernsten dieser Art in Europa. In einer anderen Kuppel des Observatoriums befindet sich eine Schmidt-Kamera 600/900 mm, die vorwiegend der fotografischen Entdeckung von Supernovae dient. Das drittgrößte Instrument dieses Observatoriums ist ein Cassegrain-Spiegel mit 500 mm Öffnung und einer Brennweite von 7 m.

Die Sternwarte Piskéstető befindet sich in einer Höhe von 600 m über NN im waldreichen Matra-Gebirge und ist eine Außenstelle des Konkoly-Observatoriums der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Budapest, wo sich ein Newton-Reflektor 600/3600 als das größte Instrument befindet.

Prof. O. OBUKKA/AZ

weniger Blitze, weil der Protonenstrom in dieser Höhe der Raumschiffbahn 14mal geringer ist.

ND 6./7. 11. 76

Im irdischen Raum waren sie also seltener zu beobachten. Diese seltene Beobachtung der Lichtblitze hängt offenbar mit der abschirmenden Wirkung des Magnetfeldes unserer Erde zusammen.

Die Strahlungsgürtel sind Hindernisse für die geladenen Teilchen aus dem Weltall. Die Lage dieser Gürtel wurde mit besonderen Fernmeßmechanismen bestimmt. Die Ströme, die durch die Bewegung des flüssigen Metallkerns der Erdeinnern erzeugt werden, wirken tausend Kilometer von der Erdoberfläche entfernt. Dabei treffen durch sie erzeugte Magnetfelder aufeinander und führen zur Bildung von Teilchenfallen.

Die magnetische Grenze ist im Äquatorialbereich der Erde besonders undurchdringlich. An den Polkappen haben die Teilchen dagegen freien Zugang. In Gebieten der Magnetanomalien sind die Strahlungsgürtel zur Erde „durchgebogen“. Der magnetische Schutz ist hier abgeschwächt, so daß gerade hier die Erforschung dieses Phänomens interessant ist.

Als Sojus 22 bei seiner 20. Erdumkreisung die Magnetanomalie von Brasilien überflog, begann Bordingenieur Wladimir Axjonow mit dem Experiment „Lichtblitz“. Vorher setzte er eine Spezialbrille auf, damit sich das Auge an die Dunkelheit gewöhnen sollte. Lichtblitze nahm er jedoch nicht wahr. Das hieß jedoch nicht, daß das Experiment nicht gelungen war. Diese Brille registriert geladene Teilchen. Sie besteht aus einigen Schichten einer besonderen Kernemulsion. Eine dieser Schichten registriert den

Durchgang sämtlicher Teilchen, die sie während des Fluges durchdringen. Andere Schichten fixieren nur dann die Spur von Teilchen, wenn der Raumflieger auch Lichtblitze sieht. Man nimmt an, daß nicht alle Teilchen der kosmischen Strahlung den Lichtblitz hervorrufen. Die kosmische Strahlung besteht aus sehr verschiedenen Teilchen. Die Mehrzahl sind Protonen, die selbst keine Lichtblitze verursachen. Jedoch auf eine hohe Geschwindigkeit beschleunigt, können Protonen sekundäre Teilchen freisetzen. Man vermutet, daß die Lichtblitze, die von den Raumfliegern beobachtet wurden, von stark geladenen schweren Teilchen verursacht werden. Ihr Anteil an der kosmischen Strahlung beträgt nur ein Prozent, sie tragen jedoch die Hälfte der Strahlungsenergie. Treffen sie auf die Netzhaut des Auges, können Lichtblitze wahrgenommen werden.

Einer anderen Hypothese zufolge nimmt das Auge des Raumfliegers Licht wahr, das von einem sehr schnellen Teilchen ausgestrahlt wird. Wenn es mit einer Geschwindigkeit, die die Lichtgeschwindigkeit übertrifft, ins Augeninnere eindringt, kommt es zum Tscherenkow-Effekt. Das Auge leuchtet und seine Netzhaut nimmt das eigene Leuchten wahr.

Die Sonne vom Weltraum aus betrachtet

Die Sonne, die sich mit optischen Geräten untersuchen läßt, ist noch nicht völlig erforscht. Im jüngsten Teil stellte sich heraus, daß sie faktisch mit dem ganzen Spektrum der elektromagnetischen Strahlung arbeitet.

Langfristige Prognosen der Sonnenaktivität

Folglich ist auch ihre Einwirkung auf die Erde und das gesamte Sonnensystem bedeutend mannigfaltiger und komplizierter, als man früher angenommen hat.

Erstmals wurde man wohl im Jahre 1942 darauf aufmerksam, wie die Sonne auf die Vorgänge auf der Erde einwirkt, als Radargeräte der britischen Luftabwehr unerwartete Störungen registrierten. Später stellte sich heraus, daß sie durch die Radiofrequenzstrahlung unserer Sonne hervorgerufen wurden. Heute wissen wir, daß die Sonne die Strahlungen nach beiden Seiten des optischen Bereichs aussendet. Die Astronomen untersuchen diesen Bereich heute mit Ultraviolett-, Infrarot- und Radioteleskopen sowie Röntgen- und Gammastrahlendetektoren. Die Sonnenaktivität in Erdnähe wurde Gegenstand der genauen Untersuchung.

Besonders bei Raumflügen ist es von großer Bedeutung, diese Aktivität zu kennen. Die Strahlenbiologen sind daran interessiert, um den Strahlenpegel festlegen zu können, der Fernmeldedienst, um die Funkweite zu bestimmen, und die Ballistiker, denn die Sonne kann mit ihrer Ausstrahlung auf die Magnetosphäre der Erde die Flugbahn des Raumschiffes beeinflussen. So wurde vor dem Start von Salut 5 eine langfristige Prognose der Sonnenaktivität angestellt. Und sie wird, wie der Wetterbericht, regelmäßig erneuert und präzisiert.

Erforschung der Strahlungsverhältnisse in Erdnähe

In Moskau arbeitet eine große Gruppe von Fachleuten daran, die Informationen über die Strahlungsverhältnisse in Erdnähe nach einer ganzen Reihe von Parametern zu sammeln, auszuwerten und zu analysieren. In den Raumschiffen sind entsprechende Meßwertgeber angebracht, deren Werte durch Fernmessung übertragen werden. Außerdem ist jeder Raumflieger mit einem Dosimeter ausgerüstet. Zur Zeit sind die Umstände günstig. Die Sonne ist ruhig, der Strahlenpegel in Salut 5 liegt bedeutend unter dem zulässigen Wert. Es ist wichtig, die Methodik für die Ausarbeitung von Prognosen zu verbessern, um zum Beispiel nicht nur Sonneneruptionen, sondern auch die Zusammensetzung und die Energie der Teilchen voraussagen zu kön-

Diese Hypothesen schließen einander nicht aus. Beide Ursachen oder auch eine dritte, noch nicht entdeckte können den Effekt bewirken.

Das Fehlen des Lichtblitzes während des Experiments ließ dem Bordingenieur keine Ruhe. Er führte deshalb vier Tage lang am frühen Morgen um 4.30 Uhr ein nicht geplantes Experiment aus. Zu Beginn des vierten Flugtages meldete er über Funk zur Erde: „Lichtblitze beobachtet.“ Dann wiederholte er dieses Experiment noch einige Male und beschrieb die Lichtblitze. „Zuweilen stürmen sie wie ein Meteor vorbei, zuweilen jedoch nimmt das Leuchten allmählich zu und erlischt langsam wie ein leuchtender Fleck.“

Der Entstehungsmechanismus dieser Lichterscheinung im Weltraum ist bisher noch wenig erforscht. Seine Klärung ist für die Wissenschaft von Bedeutung, um zu erfahren, wie lebendes Gewebe die Strahlung wahrnimmt. Weiterhin ist dies für die Sicherheitstechnik im Weltraum sowie für die Einschätzung der Strahlungseinwirkung, der die Mannschaft bei längeren Flügen ausgesetzt ist, wichtig.

S. Chabarow, Kandidat der technischen Wissenschaften in „Komsomolskaja Prawda“ vom 22. 9. 76 nach PdsU 41/76.

nen. Gerade diese Größen bestimmen in bedeutendem Maße den Einfluß der Sonnenaktivität auf die Besatzung der Raumschiffe.

Übrigens leisteten Boris Wolynow und Witali Sholobow einen großen Beitrag zur Erforschung des unsichtbaren Teils der Sonne. An Bord des Raumschiffes befindet sich ein Infrarot-Spektrometer-Teleskop, das im Physikalischen Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR entwickelt wurde.

Die Lösung dieses Problems hat eine lange Geschichte. Bekanntlich hat der große englische Astronom William Herschel die Infrarotstrahlung entdeckt, und sein Sohn, John Herschel, machte das erste Infrarot-Porträt der Sonne. Die Erdatmosphäre läßt die infraroten Strahlen nicht in ihrem gesamten Bereich passieren. Deshalb kann man die Sonne nur aus dem Weltraum vollständig betrachten.

Der unsichtbare Teil der Sonne

Könnten wir die infraroten Strahlen sehen, würden wir den Sternenhimmel beim Betrachten nicht wiedererkennen. Verschwunden wären der große Wagen, der Orion und viele heiße Sterne. Ein Stern strahlt um so mehr im Infrarotbereich aus, je kühler er ist. Und unsere Sonne gehört bekanntlich nicht zu den heißen Sternen. Deshalb ist ihr vollständiges Infrarot-Porträt für uns besonders interessant. Es wird dazu beitragen, viele Geheimnisse des Aufbaus und der Struktur der Sonne zu lüften.

Befinden sich doch gerade in dem von der Erdatmosphäre „verborgenen“ Teil der Infrarotstrahlung die Resonanzfrequenzen vieler Elemente und ihrer Verbindungen. Bei einem vollständigen Infrarotspektrum der Sonne kann man nach der Helligkeit und der Intensität der Spektrallinien Schlüsse auf das Vorhandensein und die Konzentration bestimmter Elemente in ihrer Atmosphäre ziehen.

Doch nicht nur das. Wie die Erforschung des unsichtbaren Antlitzes der Sonne gezeigt hat, erstreckt sich ihre Korona im Kosmos über Millionen von Kilometern weiter als ihr sichtbarer Teil. Und hier gilt es noch ein Rätsel zu lösen. Die Temperatur der Photosphäre beträgt rund 6000 °K, die Korona jedoch erreicht Millionen Grade. Sie ist dermaßen verdünnt, daß sie eher einem Vakuum gleicht, ihre Dichte beträgt ein Hundertstel der irdischen Luft. Wenn man von ihrer Temperatur spricht, ist damit die Energie der Teilchen gemeint, die die Korona bilden. Der Erwärmungsmechanismus dieser Teilchen ist bisher noch nicht geklärt. Infrarotaufnahmen werden dazu beitragen, diesen Mechanismus zu entschlüsseln.

A. Pokrowski in „Prawda“ vom 21. 8. 76 nach PdsU 71/76.

Zum Schutz der Kosmonauten vor Strahlungen

Als wichtigen Schritt zur Erhöhung der Sicherheit bei Raumflügen kann man den Experimentaltag der Raumschiffe Sojus und Apollo ansehen, der eine neue Etappe der Raumfahrt einleitete: die Schaffung von Systemen zur Hilfeleistung bei Raumflügen. Hilfe kann notwendig werden, wenn unvorhergesehene Situationen eintreten, die mit dem Versagen technischer Systeme oder mit unerwünschten Veränderungen der Funktionen des menschlichen Organismus zusammenhängen. In solchen Situationen werden die kompatiblen Mittel der Annäherung und Kopplung bemannter Raumschiffe von besonderer Bedeutung sein; sie wurden mit dem Ziel entwickelt; die Sicherheit bemannter Raumflüge zu erhöhen. Das ist jedoch eine Frage der Zukunft. Vorerst muß jedes bemannte Raumschiff größtmögliche Sicherheit für seine Besatzung unter Berücksichtigung der Tatsache gewährleisten, daß Hilfe von außen unmöglich ist.

Gefahrensituationen können durch verschiedene Faktoren hervorgerufen werden, beispielsweise durch das Vorhandensein einer großen Anzahl komplizierter technischer Systeme, durch begrenzte Treibstoffvorräte, die für die verschiedenen Manöver des Raumschiffes bestimmt sind, und durch den spezifischen Charakter des Lebensmilieus. Eine weitere Art der Gefahr bei Raumflügen bildet die Strahlung.

Eingehende Untersuchungen der Strahlung im erdnahen und im interplanetaren Raum sowie die Erfahrungen bei der Gewährleistung der Sicherheit bei Raumflügen lassen die Ansicht, es bestehe eine „Strahlungsbarriere“ im Raum, als übertrieben erscheinen. Das bedeutet jedoch nicht, daß man die Strahlungsgefährdung im Kosmos geringgeschätzt könnte.

Bei ein- bis dreimonatigen Flügen ist die Strahlungseinwirkung auf die Besatzung mit der jährlich zulässigen Dosis vergleichbar, die entsprechend den Normen der Strahlungssicherheit für die berufliche Tätigkeit unter irdischen Bedingungen für fünf rem liegt. Im allgemeinen hängt die Strahlungseinwirkung bei Raumflügen wesentlich von der Flugdauer, dem Zeitpunkt des Fluges, der Flugbahn und der Konstruktion des Raumflugkörpers ab. Die galaktische kosmische Strahlung setzt sich aus im interstellaren Raum beschleunigten Protonen und Ionen verschiedener Elemente — bis hin zum Eisen — zusammen; sie würde bei einem interplanetaren Flug Strahlungsdosen für die Besatzung von annähernd 50 rem während des Maximums und nahezu 100 rem während des Minimums der Sonnenaktivität bedingen. Die Verringerung der möglichen Strahlungsdosis während des Maximums der Sonnenaktivität erklärt sich dadurch, daß es zu einer Erregung der Magnetfelder im solaren Raum kommt und infolgedessen der Einfluß der galaktischen Strahlung abnimmt. Bei Orbitalflügen liegen diese Werte auf Grund der Abschirmung durch das Magnetfeld der Erde wesentlich geringer. Sie hängen vom Neigungswinkel und von der Höhe der Umlaufbahn ab.

Bei Orbitalflügen in mehr als 400 Kilometer Höhe ist der Anteil der Protonen im Strahlungsgürtel der Erde an der Dosis sehr groß. Flüge in Höhen zwischen 1000 und 30000 km sind mit den derzeitigen Raumschiffen, das heißt, ohne spezielle Schutzvorrichtungen, faktisch unmöglich. Bei kurzen Flügen durch den Strahlungsgürtel, beispielsweise bei Flügen zum Mond, belaufen sich die entsprechenden Werte der Dosis dagegen auf 1 bis 2 rem.

Eine Gefahr sind ferner die Protonenschauer und die Alpha-teilchen-Ströme, die bei solaren Ausbrüchen entstehen. Befindet sich bei einem Flug jenseits der Erdmagnetosphäre ein Mensch während solch eines Ausbruchs außerhalb des Raumflugkörpers, kann die durch die kosmischen Sonnenstrahlen ausgelöste Dosis in vielen Fällen über der tödlich wirkenden liegen. Die Raumschiffkonstruktionen sind in der Lage, die Wirkung von Strömen geladener Teilchen zu mindern. In den normalen Räumen des Raumflugkörpers jedoch — den Aufenthalts- und Laborräumen —

reicht diese Verringerung nicht aus, so daß die kosmische Sonnenstrahlung eine ernste Gefährdung für die Gesundheit der Kosmonauten sein kann. In einem der Räume (gewöhnlich dem Landeapparat mit einer Wärmeschutzschicht von beträchtlicher Dicke, die die Besatzung vor Überhitzung bei der Rückkehr zur Erde schützt), versucht man deshalb die Ausrüstungen so anzuordnen, daß dieser Raum auch als Strahlungsschutzraum benutzt werden kann. Bei Orbitalflügen im Bereich der abschirmend wirkenden Magnetosphäre der Erde sind die Landeapparate von Sojus und Apollo ausreichend sichere Strahlungsschutzräume. Bei weiterer Verlängerung der Flugdauer nimmt die galaktische kosmische Strahlung zu, die durch die Konstruktionen des Raumschiffes fast nicht verringert wird: es droht die Gefahr der Strahleneinwirkung durch mehrere solare Ausbrüche. In diesem Fall kann der Schutz der Besatzung nur durch rationelle Gestaltung der Räume des Raumflugkörpers nicht mehr gewährleistet werden; die Einrichtung eines Spezialschutzes wird erforderlich. Beim Flug im interplanetaren Raum von einer Dauer bis zu einem Jahr beträgt die dafür erforderliche zusätzliche Masse mehrere Tonnen. Ein derartiger Masseaufwand ist jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn die Kosmonauten rechtzeitig in diesem Raum Schutz finden können. Angesichts des unregelmäßigen Charakters der Verschlimmerung der Strahlungssituation infolge von solaren Ausbrüchen ist dies allerdings ein ernstes Problem.

Umfassende Untersuchungen der Sonnenaktivität, besonders der solaren Ausbrüche, die nach verschiedenartigen astrophysikalischen Methoden, darunter durch Beobachtungen unmittelbar von Orbitalstationen aus, angestellt wurden, schufen die Grundlage für Prognosen der Strahlungsgefährdung durch die einzelnen Vorgänge dieser Art. Die Strahlungsgefährdung bei Raumflügen kann also verringert werden. Als Hauptmethoden kann man die Schaffung eines Schutzes und operative Maßnahmen auf der Grundlage von Kontrolle und Prognose der Strahlungseinwirkung auf den Flugbahnen der Raumschiffe und Orbitalstationen ansehen. Ihre Verwirklichung macht den Einsatz beträchtlicher Ressourcen (Masse, Energie, finanzielle Mittel) und deren rationelle, optimale Verteilung erforderlich. Wenn die Flugsicherheit insgesamt gewährleistet werden soll, erhebt sich folglich die Grundfrage nach dem Grad der Sicherheit oder mit anderen Worten die Frage, was als Grad der Sicherheit dienen und wie der Grenzwert aussehen soll, der die Sicherheit von den Gefahrensituationen trennt. Die Entscheidung darüber treffen Spezialisten für Strahlungssicherheit, für Radiobiologie, für Physik des Strahlungsschutzes und für kosmische Strahlungen gemeinsam.

Das Problem der Sicherheit von Raumflügen ergibt sich also einerseits aus dem Vorhandensein von Gefahrenquellen für die Gesundheit der Kosmonauten und andererseits aus den gegenwärtig gegebenen Massebeschränkungen der Raumflugkörper. Das zwingt dazu, bei der Planung von Raumflügen einen Kompromiß zwischen den bestehenden Möglichkeiten der Raketen- und Raumfahrttechnik und der Fähigkeit des Menschen, das vorgegebene Flugprogramm unter den Bedingungen eines im Vergleich zu den gewöhnlichen irdischen Bedingungen erhöhten Risikos für Gesundheit und Leben auszuführen, zu suchen.

Die erheblichen Startkosten lassen es zur Zeit nicht zu, die Kosmonauten mit derselben Menge von Reserven auszustatten, über die der Mensch auf der Erde verfügt. Unter irdischen Bedingungen ist es in den meisten Fällen nicht notwendig, sämtliche Handlungen bis ins kleinste zu planen, da stets umfassende Möglichkeiten gegeben sind, um Entscheidungen zu treffen und sie entsprechend den Umständen zu verwirklichen. Hier entsteht eine Gefahrensituation gewöhnlich in Zusammenhang mit dem raschen Abrollen ungünstiger Prozesse, das heißt, mit einem Mangel an Zeit, mit Naturkatastrophen, die durch die zur Verfügung stehenden Energiereserven und materiellen Ressourcen nicht ausgeglichen werden können, oder in Zusammenhang mit Krankheiten. Im Weltraum kann es schon bei wesentlich geringeren Abweichungen des Ab-

laufes der Ereignisse vom geplanten Ablauf zu Gefahrensituationen kommen. Unter Strahlungsbedingungen können gefährliche Abweichungen sowohl mit dem wahrscheinlichen Charakter der Strahlungsquellen als auch mit der Möglichkeit des Entstehens potentiell gefährlicher Situationen am Raumschiff selbst zusammenhängen. Insgesamt führt dies zu der endlichen Wahrscheinlichkeit, daß jeder als Kriterium der Strahlungssicherheit für die Bedingungen des Raumfluges festgelegte Wert der Strahlungsdosis übertroffen wird.

Ausgehend von der Notwendigkeit, die sozial bedeutungsvollen Folgen der kosmischen Strahlungseinwirkung – beispielsweise für die Arbeitsfähigkeit und Lebensdauer – einzuschränken, wurden „Zeitweilige Normen der Strahlungssicherheit bei Raumflügen“ erarbeitet. Diese Normen sind jetzt vom Ministerium für Gesundheitswesen der UdSSR bestätigt worden und legen die Forderungen nach Gewährleistung der Strahlungssicherheit sowohl bei der Projektierung der Schutzmaßnahmen als auch bei Raumflügen von einer Dauer bis zu einem Jahr fest. Demnach ist der Schutz der Raumschiffe so zu projektieren, daß bei einer Flugdauer von beispielsweise einem Jahr die Wahrscheinlichkeit des Überschreitens der Dosis von 150 rem nicht über einem Prozent liegt.

Die Tatsache, daß als Kriterium nicht nur die Größe der Dosis, sondern auch die Wahrscheinlichkeit ihres Überschreitens angesehen wird, ermöglicht es den Projektanten, die Masseresourcen besser auf die Schiffssysteme zu verteilen und nicht nur die Durchschnittswerte der Strahlungsbedingungen auf der Bahn, sondern auch die wahrscheinlichen Abweichungen von diesen Mittelwerten zu berücksichtigen. Durch dieses Vorgehen kann die Verteilung der Ressourcen des Raumschiffes optimiert und die Zweckmäßigkeit des Masseaufwandes im Interesse eines erhöhten Strahlungsschutzes ermittelt werden. Auf diese Weise wird die Gewährleistung der Strahlungssicherheit von Raumschiffbesatzungen in eine Reihe mit anderen technischen Problemen der Gewährleistung der Lebensfähigkeit des Menschen im Weltraum gestellt, deren Lösung schließlich von der aufgewandten Masseresource abhängt. In den Grenzen der genannten Flugdauer gewährleistet der gegenwärtige Stand der Raketentechnik, der Kosmonautik, der Raumfahrtmedizin und der technischen Physik die Lösung des Problems der Strahlungssicherheit von Raumschiffbesatzungen.

J. Kowaljow, Doktor der technischen Wissenschaften, Professor am Institut für medizinisch-biologische Probleme; W. Petrow, Laborleiter; W. Sakowitsch, Laborleiter, Kandidat der technischen Wissenschaften in „Trud“, 12. 8. 76 nach PdsU 39/76.

Ein heller Bolid über Böhmen am 2. 3. 1976

Ein sehr heller Bolid (Feuerkugel-Helligkeit – 13^m, etwa gleich der Helligkeit des Vollmondes) überflog am 2. März 1976 das Land Böhmen/Tschechoslowakei. Er wurde vom Observatorium des Astronomischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der ČSSR in Ondřejov und vier weiteren tschechischen Stationen fotografiert.

Die Auswertung der Photos ergab, daß der Körper vor dem Eindringen in die Erdatmosphäre eine Masse von etwa 500 kg und eine Geschwindigkeit von 16,5 km/s hatte. Seine Geschwindigkeit im Zeitpunkt des Erlöschens betrug 6,3 km/s.

Die Fotos zeigten, daß der Körper in kleinere Teile zerfiel. Es wurde der Fallort bei Kamýk an der Moldau errechnet. Danach bekam der Bolid den Namen „KAMÝK“.

Vor dem Zusammentreffen mit der Erde befand sich der Körper auf einer Umlaufbahn um die Sonne.

M. S.

Nach „Vesmir“, ČSSR, 7/76.

Tautenburger Kuppel in neuem Gewand

Beim Einsatz von Großteleskopen ist die Frage des Kuppelklimas von besonderer Bedeutung, da die Turbulenz der Luftschichten in unmittelbarer Nähe der Optik nach Öffnen des Kuppelspaltes das Seeing im Strahlengang erheblich beeinträchtigen kann.

Das Bestreben der Kuppelbauer geht deshalb dahin, die täglichen Temperaturschwankungen der Außenluft in den heißen Sommermonaten und die Wirkung der Insolation auf die Kuppel an Strahlungstagen weitestgehend so zu kompensieren, daß sie das Raumklima der Kuppel nur geringfügig beeinflussen.

Die Kuppel soll als thermischer Isolator wirken, als ein „Kühlhaus“, dessen Innentemperatur sich am Abend nach Öffnen des Spaltes nicht wesentlich von der Temperatur der nächtlich abgekühlten Luft unterscheidet. Dazu muß man zunächst das Rückstrahlvermögen, die Albedo, der Kuppelaußenhaut möglichst hoch gestalten und die Kuppelwände mit Dämpfungsschichten versehen. Zur Gewährleistung einer hohen Albedo war diese alseitig (auch im zylindrischen Teil des Gebäudes) mit einer glänzenden Aluminiumhaut belegt worden.

Der Dämpfungseffekt gegenüber der Außenerwärmung erwies sich als ausgezeichnet. Der tägliche Gang der Außentemperatur an Strahlungstagen im Sommer (Amplitude über 15°) erwies sich im Mittel im Innern der Kuppel auf etwa 12% gedämpft mit einer Phasenverzögerung von 3 bis 4 Stunden.

Im Laufe der Jahre zeigte sich jedoch eine starke Verschmutzung der Aluminiumhaut durch Umwelteinflüsse, die auch durch Säuberungsmaßnahmen nicht verhindert werden konnte. Die Kuppelhaut wurde schmutzgrau und blind. Ihr Rückstrahlvermögen ging stark zurück und damit auch der Dämpfungseffekt im Innern der Kuppel, der nach 10 Jahren nur noch 18 bis 20% betrug.

Um diesen Verschmutzungsprozeß aufzuhalten und für die Zukunft das Kuppelklima konstant und auf dem ursprünglichen Wert zu halten, wurde 1973 eine vollständige Neubelebung der Tautenburger Kuppel vorgenommen.

Dabei sollten zugleich die inzwischen gewonnenen Erkenntnisse über die Albedo neuartiger Anstrichfarben berücksichtigt werden. Der alte Aluminiumbelag wurde restlos entfernt, ebenso die Dachpappenunterlage, die bei starker Erhitzung des Aluminiumbleches beträchtliche Mengen Teer ausschwitze und außerdem durch ihren Zerfall eine ständige Quelle von Staubscheidungen auf der Optik des Teleskops bildete. Ein neuer Aluminiumbelag mit untergelegter Kunststoff-Folie wurde dann mit einem Farb- und Lackanstrich wie folgt versehen: Auf der Aluminiumunterlage wurde zunächst ein „PVB Aktivprimer grün“ aufgetragen. Darauf kam dann als wirksamer Farbbelag ein Polyurethanzweikomponentenlack, bestehend aus der Vorlackfarbe Typ ZU 806/0200 und der Decklackfarbe ZU 808/0200 vom VEB Farben und Lackfabrik Leipzig.

Erste Messungen der Dämpfungsgröße im Innern der Kuppel für die Schwankungen der Außentemperatur an Strahlungstagen ergaben einen ausgezeichneten Wert um 10%. Sie wurde bereits durch einfaches Abwaschverfahren einmal ohne besondere Schwierigkeiten gereinigt, ohne daß sich die geringsten Abnutzungsspuren an der Lackschicht zeigten.

Prof. NIKOLAUS RICHTER

Aus: „Jenaer Rundschau“ 3/76

Das größte Spiegelteleskop der Erde

Ist seit Februar 1976 in einem 2100 Meter hoch gelegenen astrophysikalischen Observatorium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR im Kaukasus in Betrieb. Das leistungsfähige Fernrohr mit seinem Sechs-Meter-Spiegel – die Anlage ist von der Lenin-grader Optisch-Mechanischen Vereinigung (LOMO) gebaut worden – weist die größte Empfindlichkeit unter den derzeit auf der Welt verwendeten optischen Großgeräten zur Himmelsbeobachtung auf. Das Teleskop ist in einem 42 Meter hohen Turm untergebracht, dessen bewegliche Kuppel 1000 Tonnen wiegt. In dem Turm befindet sich auch eine Vakuum-Anlage, mit deren Hilfe die Oberfläche des 650 Millimeter dicken und 42 Tonnen schweren Hauptspiegels regelmäßig neu mit einer hauchdünnen Aluminiumschicht versehen wird.

BZ 25./26. 9. 76

EVP 1,50 M
PZV 31052

Ein Pluto-Mond?

Pluto, der fernste Planet unseres Sonnensystems, hat wahrscheinlich einen „Mond“. Das vermutet der sowjetische Astrophysiker Rolgán Kiladse. Dieser Pluto-Trabant sei bisher nur wegen der schwierigen Beobachtung noch nicht entdeckt worden. Die Planeten sind nach Meinung des georgischen Wissenschaftlers früher Dutzende Male so groß gewesen wie gegenwärtig. Sie seien von Hüllen aus kosmischem Staub und Splintern umgeben gewesen, aus denen sich später die Satelliten bildeten. Die festen Teilchen seien dabei lawinenartig auf die Oberfläche der Planeten niedergegangen und haben sie in eine schnelle Eigendrehung versetzt. Dabei bildeten nur Merkur und Venus eine Ausnahme. Sie wiesen deshalb so gut wie keine Eigenrotation auf und hätten auch keine Monde.

ND 9./10. 10. 76

Hat die Sonne einen Begleiter?

Eine besondere Annahme hinsichtlich der Sonne hat der amerikanische Astronom K. Davidson gemacht. Er setzt bei ihr außer den Planeten noch einen Trabanten – einen Stern voraus. Seine Masse dürfte 0,01 bis 0,001 Sonnenmassen betragen. Seine Entfernung von der Sonne müßte einige tausendmal größer als die der Erde sein. Davidson kam zu dieser Annahme aufgrund der Auswertung der exzentrischen Bahnen von Kometen im Sonnensystem. Er hat dem Stern auch schon einen Namen vorbehalten. Er möchte ihn Luzifer taufen. Dieser Name ist wohl darauf zurückzuführen, daß sich der vorausgesetzte Stern bisher aller Beobachtung entzog. Der Grund dafür? Der Stern soll nur Infrarotstrahlung kleiner Intensität aussenden, so daß diese Strahlung mit den bisherigen Instrumenten nicht registriert werden konnte. Sollte man sich auf ihre Suche konzentrieren?

M. S.

Nach „Technika molodeži“, 5/76

Unsere Autoren:

Dipl.-Astron. René Hudec, Astronomisches Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Observatorium Ondřejov 251 65 Ondřejov, ČSSR.

Dr. Renate Wahnser, Zentralinstitut für Astrophysik, 1502 Potsdam-Babelsberg, Rosa-Luxemburg-Str. 17a.

Jürgen Lehmann, 8405 Strehla, Leckwitzer Str. 4.

Michael Großmann, 1542 Falkensee-Finkenkrug, Ringstr. 99

Dietmar Böhme, 4851 Nessel Nr. 11

André Geißhirt-Ling, 15 Potsdam, Kl. Weinmeisterstr. 14

Joachim Güntner, Jens Görler, 8122 Radebeul

Dr. Wolf-Dieter Spiethoff, 444 Wolfen 3

Peter Reinhard, Wien, Österreich

Dietrich Richter, 50 Erfurt

Wolfram Fischer, 8608 Sohland

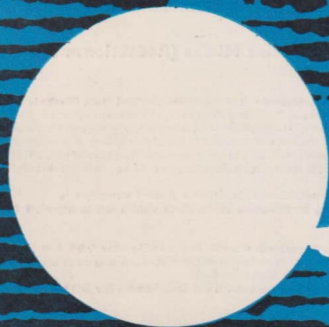
Dr. Klaus Lindner, 7024 Leipzig, Grunlickestr. 7

Gerburg Unger, 532 Apolda, Burgstr. 54

Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestr. 5

Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17

2¹⁹⁷⁷ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Isaac Newton · Zur 250. Wiederkehr seines Todestages · Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Hans-Jürgen Treder	33
Teilung des Kometen West · Dr. S. Marx	37
Beobachtungshinweise auf Kometen des Jahres 1977 · Dr. S. Marx	38

Amateure beobachten und berichten

Grundlagen für die Auswertung von Kometenbeobachtungen · Jörg Mosch	39
Der Große Wagen — Vergangenheit und Zukunft? · Günter Werner	48

Bildseiten

Sonnenfinsternis-Aufnahmen, Kometen, Mondzeichnungen	I—IV
Perseiden 1976 · J. Rendtel	49
Meteoritstätigkeit 9.—23. August 1976 · J. Rendtel	49
Die fotografischen Experimenta · H. Urbanski	51
Einfluß des Mondlichts auf die Beobachtung der Perseiden 1976 in Schmergow · A. Wedel	52
Ephemeriden der streifenden Sternbedeckungen 1977 · Dietmar Böhme	52
Der Bau von Frequenzwandlern · Ing. Manfred Neubert	55

Leserbriefe

Bermuda-Dreieck — Bemerkungen zur traditionellen Kosmologie	60
---	----

Kurzberichte

Meteoritenregen im Nordosten der VR China — Bürgelfund — Staatspreisträger der UdSSR in Wissenschaft und Technik — Erforschung der interplanetaren Materie durch Amateurastronomen in der CSSR — Zeiss-Planetarien in aller Welt	61—63
Konzeption über die Entwicklung der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“	64

Buchbesprechung

Schuld ist die Sonne	IV, Umschlagseite
Hinweis	IV, Umschlagseite

Redaktionschluß: 15. 1. 77

Für unsere Zeitschrift zur Veröffentlichung bestimmte Raumfahrt-Manuskripte bitten wir ab sofort zu senden an:

Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur) oder Heinz Mielke (Redaktionsmitglied).

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“, 102 Berlin, PSF 34; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Fernsprecher 282 97 44.

Bfr. Herbert Pfaffe kann aus gesundheitlichen Gründen seine redaktionelle Mitarbeit z. Z. nicht wahrnehmen.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 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 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV. P 393/76.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Isaac Newton

Zur 250. Wiederkehr seines Todestages

Prof. Dr. habil., Dr. h. c. HANS-JÜRGEN TREDER

Isaac Newton wurde am 4. 1. 1643 (25. 12. 1642 alten Stils) in Woolstrop (Grafschaft Lincoln) geboren; er starb am 21. 3. 1727 in Kensington bei London. Newton studierte seit 1661 Theologie, alte Sprachen und besonders Mathematik am Trinity College in Cambridge. Die Philosophie, mit der Newton hier bekannt wurde, war ein durch die Mystik von J. Böhme beeinflusster Neuplatonismus, der in Cambridge von R. Cudworth und H. More vertreten wurde. Newton promovierte 1664 zum Baccalar und 1668 zum Magister. Seit 1667 war er fellow des Colleges und übernahm 1669 als Nachfolger seines Lehrers J. I. Barrow die Lucas-Professur für Mathematik. 1671 wurde Newton Mitglied der Royal Society. Obwohl stark introvertiert (er blieb sein Leben lang Junggeselle), nahm er doch an entscheidenden politischen Ereignissen in England teil und gehörte während und nach der „glorreichen Revolution“ von 1688 bis 1690 und 1701 bis 1702 zwei Parlamenten an. 1696 wurde Newton Aufseher (Warden) des Londoner Münzamtes und leitete technisch die englische Münzreform. Seit 1699 wurde er Hauptdirektor (Master) der Münze, worauf er 1701 seine Professur niederlegte. Seit 1703 war Newton ununterbrochen Präsident der Royal Society. 1705 wurde er zum Ritter geschlagen. Newton nahm schließlich im geistigen Leben Englands eine dominierende Stellung ein.

Seine äußere Position war die eines hohen Würdenträgers. Als Direktor der Münze bezog Newton das für die damalige Zeit außerordentlich hohe Einkommen von 2000 Pfund im Jahr; er hinterließ ein Barvermögen von 32 000 Pfund (seine Bezüge übertrafen diejenigen eines Cambridger Professors um mehr als das Zehnfache).

In London führte seine Nichte Katherine Barton Newtons Haushalt, deren späterer Ehemann, John Conduitt, Newtons geschäftsführender Stellvertreter und späterer Nachfolger an der Münze wurde. (Katherine Barton ist ihrer Schönheit wegen und ihrer intimen Beziehungen zum Lordschatzkanzler Lord Charles Montague, Graf Halifax, eine viel diskutierte Persönlichkeit in den Newton-Biographien von Voltaire bis Wawilow.)

Newton begann seine Forschungstätigkeit auf den verschiedenen Gebieten der Mechanik, Optik und Mathematik bereits 1665 und hat einen Großteil seiner bahnbrechenden Entdeckungen schon Ende der 60er und in den 70er Jahren gemacht. Er hielt jedoch aus verschiedenen Gründen ihre Publikation lange zurück. Newton gab in dieser Zeit nur gelegentliche briefliche Mitteilungen hierüber, während er selbst seine neuen Methoden ständig zur Erarbeitung immer neuer Einzelergebnisse einsetzte und umfassend ausbaute.

Die zusammenfassende Darstellung von Newtons theoretisch-physikalischen Entdeckungen und die Begründung seines neuen naturphilosophischen Weltbildes geschah 1687 durch die (nicht von Newton selbst, sondern von E. Halley veranstaltete) Ausgabe von Newtons „Philosophiae naturalis principia mathematica“. Die unter Newtons Aufsicht von seinen Schülern R. Cotes (1713) und H. Pemperton (1726) besorgten Neuausgaben enthalten wichtige Ergänzungen. Die Herausgabe der 2. Ausgabe der „Prinzipia“ war tatsächlich ein Schwerpunkt von Newtons wissenschaftlicher Tätigkeit. In dieser Ausgabe bekamen Newtons physikalische Prinzipien ihre endgültige Form. Newtons Briefwechsel mit seinem Schüler Cotes zeigt die intensive, Cotes lenkende und anleitende Arbeit Newtons bei der Präzisierung und der Korrektur der Erstausgabe.

Seine optischen Forschungen wurden von Newton 1704 in dem Werk „Opticks“ publiziert. Dieses Buch enthält in einem Anhang auch die erste Veröffentlichung von Newtons seit 1669 vorliegendem Infinitesimal-Kalkül. Die späteren Ausgaben der „Optik“ (1706, 1717, 1721) enthalten wesentliche Zusätze über die Wissenschaftstheorie und Methodologie der Physik.

Die Eigentümlichkeiten der Publikationsweise von Newton waren eine der Ursachen für seinen Streit mit Leibniz über die Priorität bei der Begründung der Infinitesimalrechnung. Hierbei stellte sich die Royal Society geschlossen hinter Newton. Die Herausgabe des von einer Kommission der Royal Society zusammengestellten, gegen Leibniz zeugenden Brief-Bandes „Commercium epistolicum“ (1713) wurde von Newton als Präsidenten direkt inspiriert, der damit als Richter in eigener Sache wirkte. Die sachliche Diskussion mit Leibniz über die Grundprinzipien der Naturphilosophie ließ Newton durch seinen Schüler S. Clarke führen.

Nach Newtons Tod wurden aus dem Nachlaß u. a. seine Vorlesungs-Ausarbeitungen publiziert. Aber auch die erste Gesamtausgabe von Newtons Werken, die S. Horsley 1779 bis 1785 herausgab und die neben den naturwissenschaftlichen und mathematischen Schriften auch Newtons zeitbedingte Bücher zur Chronologie des Alten Testaments und zur Bibel-Exegese enthält, gab tatsächlich nur eine Aus-

wahl aus Newtons wissenschaftlichem Nachlaß. Horsley, ein anglikanischer Bischof, schloß alles aus, was ihm heterodox erschien und zum naturwissenschaftlichen Materialismus tendierte.

Seine erkenntnistheoretischen und naturphilosophischen Grundanschauungen hat Newton vor allem in seiner Korrespondenz und in persönlichen Aufzeichnungen formuliert. Dieser wichtige Nachlaß wird erst heute vollständig publiziert. Er gibt z. T. ein ganz neues Bild von Newtons Weltanschauung. In Synthese der Experimentalphysik Galileis, der kinematischen und dynamischen Begriffsbildungen von Galilei und Huygens sowie von Keplers Bewegungsgesetzen der Planeten schuf Newton die theoretische Mechanik und damit die theoretische Physik überhaupt. Newtons von ihm „Naturphilosophie“ genannte theoretische Physik formulierte die allgemeinen Bewegungsgesetze der Materie als die Gesetze der Bewegung von Massen im Raum in einer allgemeinen Form, die ihre Anwendung sowohl auf die verschiedensten Körpersysteme als auch auf beliebige Kontinua gestattet, unabhängig von deren Quantitäten und Qualitäten. Zugleich entdeckte Newton die universelle Gravitation als diejenige Wechselwirkung, die die Himmelsmechanik beherrscht, und ermöglichte dadurch die konkrete Anwendung seiner allgemeinen Bewegungsgesetze im Kosmos.

Gleichbedeutend als theoretischer Denker, Mathematiker und Experimentator begründete Newton ferner, im wesentlichen durch neuartige eigene Versuche, die physikalische Optik und entdeckte hierbei die Dispersion (Spektralzerlegung) des Lichtes, entwickelte die physikalische Theorie der Farben und deutete die optischen Phänomene auf der Grundlage der von ihm aufgestellten Partikel-Theorie (Emanationstheorie) des Lichtes. Eine physikalisch-technische Anwendung seiner optischen Forschungen war Newtons Konstruktion des ersten Spiegelteleskops 1671.

Newton war primär Physiker. Die Astronomie war für ihn das große Anwendungsgebiet seiner Physik. Mit Hilfe seiner physikalischen Prinzipien konnte Newton nicht nur die Keplerschen Bewegungsgesetze mathematisch deduzieren und damit das Copernicanische Weltsystem dynamisch begründen, sondern Newtons Prinzipien enthalten die allgemeine Methodik zur Bestimmung der Bewegung beliebiger Himmelskörper unter dem Einfluß ihrer wechselseitigen Attraktion entsprechend dem Gravitationsgesetz. Im Rahmen der Newtonschen Himmelsmechanik erwiesen sich die Kepler-Bewegungen als der einfache Spezialfall des Ein- bzw. Zweikörperproblems. Newton erweiterte gleichzeitig den Gegenstand der Himmelsmechanik auf die Theorie der Himmelskörper. Er begründete hierbei die höhere Geodäsie als die mathematische Theorie der Erdgestalt und die Theorie der Gezeiten.

Die Mathematik war für Newton methodisches Hilfsmittel für die Formulierung und vor allem für die explizite Anwendung seiner Bewegungsgesetze. Die Mathematik hat bei ihm die Aufgabe, die in seinen allgemeinen Gesetzen implizite enthaltenen Strukturen sukzessive zu explizieren. Sie liefert Algorithmen für die Anwendung der universellen physikalischen Gesetze auf spezielle Probleme der Physik und Astronomie.

Auf Grund dieser Fragestellungen schuf Newton die Infinitesimalrechnung. Hierbei baute er – wie Leibniz – auf der analytischen Geometrie von Descartes, Fermat, Pascal und Huygens auf. Anders als Leibniz ging Newton aber direkt von den kinematischen Begriffsbildungen Galileis aus und stellte sich alle physikalischen Funktionen als primär von der Zeit abhängig vor. Der Kalkül der Differentialrechnung war so bei Newton die Methode zur Bestimmung allgemeiner Geschwindigkeiten aus gegebenen Bewegungsabläufen, und die Integralrechnung – als inverses Problem – die Methode der Bestimmung des Bewegungsablaufes aus einem gegebenen Geschwindigkeitsgesetz. Mathematisch bedeutete dies, daß Newton die Infinitesimalrechnung, hier sehr viel später Entwicklungen vorwegnehmend, auf der Vorstellung von Grenzübergängen aufbaute. In Anwendung seiner allgemeinen mathematischen Methoden begründete Newton die Approximationsrechnung und die praktische Analysis, die er zur Lösung mathematisch-physikalischer Probleme einsetzte. Bei seinen eigenen Forschungen verwandte Newton immer seine neue Mathematik; bei der Darlegung seiner Ergebnisse zog er jedoch meist die ältere, aus der Antike übernommene synthetische Darstellungsweise vor, um den Zugang zu seinen inhaltlichen Ergebnissen nicht durch technische Schwierigkeiten der Darstellung zu erschweren.

Newtons theoretische Mechanik war methodisch die Begründung der Physik als Paradigma jeder theoretischen Naturwissenschaft. In Fortsetzung von Galilei schuf Newton die Methodologie der physikalischen Forschung überhaupt. Newtons Mechanik wurde von ihm als „Physik der Prinzipien“ aufgebaut: Die Prinzipien der Mechanik sind bei ihm ein System von Definitionen, Postulaten und Axiomen, das er in Analogie zu Euklids axiomatischem Aufbau der Geometrie formulierte. Indem aber den mathematischen Begriffen und Relationen bei Newton nach dem Vorgang Galileis durch bestimmte Meßvorschriften definierte physikalische Größen zugeordnet werden, bekommt das mathematische System eine inhaltliche Bedeutung. Die theoretische Erklärung von Naturprozessen ist dann ihre mathematische Deduktion aus diesen inhaltlich gedeuteten Prinzipien.

Diese Auffassung des Wesens der physikalischen Theorienbildung wurde von Newton in bewußtem Gegensatz zur mechanistischen Naturphilosophie von Descartes herausgestellt. Für Descartes war

die theoretische Erklärung von Naturvorgängen gleichbedeutend mit der Angabe mechanischer Modelle („Physik der Hypothesen“). Nach Newtons Auffassung ist hingegen die Mechanik als Ganzes das inhaltliche Modell derjenigen mathematischen Theorie, die axiomatisch durch Newtons Prinzipien gegeben ist.

Dennoch liegt Newtons Prinzipien eine philosophische Konzeption über das Wesen der Materie zugrunde, welche Newton als denknotwendig ansah und von der er glaubte, daß sie bereits Pythagoras und Platon vertreten hätten. Nach Newtons Naturphilosophie besitzt die Materie nur zwei primäre Qualitäten: ihre Räumlichkeit, nämlich die Fähigkeit, Orte im Raum einzunehmen, und ferner die Fähigkeit, sich gemäß den Gesetzen der Newtonschen Dynamik zu bewegen und dabei ihre Orte im Raum mit der Zeit stetig zu verändern.

Die Grundlagen-Begriffe der Naturphilosophie von Newton sind die „Masse“, die die Quantität der Materie angibt, der „Raum“ als allgemeiner Behälter, in dem sich die Massen jeweils an bestimmten Orten befinden, und schließlich die „Zeit“ als ein universeller Parameter, von dem die Orte der Massen abhängen. Die Bewegungsgesetze sind die Gesetze der Abhängigkeit der Orte von der Zeit. Raum und Zeit sind absolute Größen. Die Struktur des Raumes ist durch die euklidische Geometrie gegeben; die universelle Zeit hat per definitionem einen „gleichmäßigen Fluß“. Diese absoluten Größen sind aber nur theoretisch mit Hilfe der Prinzipien Newtons zu erschließen. Unmittelbar erfahrbar sind hingegen die relativen Räume und die relativen Zeiten, d. h. die wechselseitigen Lagen der Körper zueinander und die sich in ihren relativen Bewegungen manifestierenden Änderungen ihrer Konfigurationen. Diese relativen Bewegungen definieren jeweils Zeitskalen, deren gemeinsames Fundament die absolute Zeit ist.

Newtons Gesetze für die Bewegungen der Massen beziehen sich auf den absoluten Raum und die absolute Zeit. Das Kausalitätsprinzip besagt bei Newton, daß jede Änderung einer absoluten Bewegung, jede Änderung der absoluten Geschwindigkeit einer Partikel, einer physikalischen Ursache bedarf. Diese Ursache wurde von Newton „Kraft“ genannt. Je größer die Quantität der Materie, die Masse, ist, eine um so größere Kraft ist für die Geschwindigkeitsänderung erforderlich. Aus der Stetigkeit der absoluten Zeit ergab sich der Grenzbegriff der momentanen Geschwindigkeitsänderungen, der Beschleunigungen, gegenüber dem absoluten Raum; die Ursachen der absoluten Beschleunigungen sind eben die Kräfte.

Diese Kräfte sind das Ergebnis der Wechselwirkungen zwischen den Teilchen der Materie. Zwei Körper beschleunigen sich nach Newtons Gegenwirkungsprinzip stets gegenseitig in entgegengesetzten Richtungen und im reziproken Verhältnis ihrer Massen. Grundsätzlich erfolgen diese Beschleunigungen momentan ohne Zeitverzug; die Wechselwirkungen sind Fernwirkungen. Ihr Betrag hängt aber von den Entfernungen zwischen den wechselwirkenden Materieteilchen ab.

Newton entwickelte hieraus eine allgemeine dynamische Theorie der Materie: Die Materie besteht aus punktförmigen Massen-Teilchen, die als solche zwar Orte besitzen, den Raum aber nicht erfüllen können. Der Eindruck einer „Raumerfüllung“ bzw. einer „Raumeinnahme“ durch die Materie entsteht vielmehr erst durch die Wechselwirkungen zwischen den Massenpunkten, die durch Kräfte-Funktionen beschrieben werden, die auf verschiedene Weise von ihren Distanzen abhängen und sowohl anziehende als auch abstoßende Terme enthalten.

Aus Newtons dynamischem Bild vom Aufbau der Materie ergab sich auch seine langjährige Beschäftigung mit dem alchemistischen Problem der Metall-Verwandlungen. Newton ging — grundsätzlich sehr richtig — von der Einheit der Materie aus und sah in den „chemischen Atomen“ sehr starke Bindungen zwischen den physikalischen „Elementarteilchen“, während die normalen chemischen Verbindungen auf schwachen Wechselwirkungen zwischen den chemischen Atomen beruhen sollten. (Newton unterschätzte aber die Stärke der Bindungen, die die chemischen Atome zusammenhalten.)

Die Naturphilosophie Newtons wurde später durch R. Boscovich und besonders von I. Kant zu einem allgemeinen Dynamismus erweitert, der auch in die deutsche idealistische Philosophie eingegangen ist. Die Grundsätze von Newtons Wissenschafts-Methodologie bestimmten aber auch die empiristische Philosophie von J. Locke. Denn gemäß Newton besitzt die Materie als primäre Qualitäten nur die Masse m , den Ort r und die Geschwindigkeit $v = d/dt r = \dot{r}$. Alle anderen Qualitäten sind sekundär und modellmäßig auf die primären Qualitäten zurückzuführen.

Eine explizite Realisierung dieses Programms wurde von Newton selbst in seiner Theorie der Farben gegeben. Newton erklärte das Licht als die schnelle Bewegung kleiner Massenpunkte durch den Raum. Diese Lichtpartikeln besitzen im Vakuum alle dieselbe absolute Lichtgeschwindigkeit $v = c$. Sie haben jedoch unterschiedliche Massen μ und damit auch unterschiedliche Bewegungsgrößen (Impulse) $p = \mu c$. Diese Verschiedenheit der Impulse der Lichtpartikeln führt bei ihrer Einwirkung auf den Gesichtssinn physiologisch zu den verschiedenen Farbpfindungen.

Wie die Farben, so sind auch alle anderen Materialeigenschaften der Körper nach Newton das Ergeb-

nis der zwischen den die Körper bildenden Massenpunkten bestehenden Wechselwirkungen sowie den Kräften, die die Materie des Körpers auf andere Partikeln, z. B. die Lichtpartikeln, ausübt. (Hierdurch beeinflusste Newton John Lockes Lehre von den „primären“ und den „sekundären“ Qualitäten der Materie.)

Die allgemeine Aufgabenstellung der Physik ist gemäß Newtons Prinzipien: Gegeben sind N Massenpunkte mit den Massen m_A , zwischen denen Kräfte-Funktionen $\mathcal{F}_{AB}(\tau_{AB})$ bestehen. Diese N Massenpunkte befinden sich zu einer Zeit $t = t_0 = 0$ an den Orten $\tau_A = \tau_A(0)$ und haben dort die Geschwindigkeiten $\dot{\tau}_A = v_A(0)$, d. h. die Impulse $p_A(0) = m_A v_A(0)$. Mit Hilfe der Newtonschen Bewegungsgleichungen, durch ihre Integration, sind dann die Bewegungsbahnen und damit die Orte $\tau_A = \tau_A(t)$ dieser Massenpunkte zu allen Zeiten t zu bestimmen. Die Uniformität der absoluten Zeit t bedeutet, daß der Zeitpunkt $t = t_0$, für den die „Anfangswerte“ $\tau_A = \tau_A(t_0)$ und $\dot{\tau}_A = \dot{\tau}_A(t_0)$ vorgegeben bzw. experimentell zu bestimmen sind, völlig gleichgültig ist, und mit diesen Anfangswerten durch die Newtonschen Prinzipien sowohl die Vergangenheit als auch die Zukunft eindeutig bestimmt wird. Wegen dieser Symmetrie bezüglich der Zeitrichtungen erscheint nach Newton eine kosmogonische Fragestellung grundsätzlich als Scheinproblem. Newton vertrat die deistische Ansicht, daß Gott als Schöpfer nach seinem Belieben irgendwelche Anfangswerte für alle Materieteilchen des Kosmos vorgegeben hätte, wobei auch der Zeitpunkt dieser Vorgabe im Belieben Gottes stand. Dieser grundsätzliche Verzicht auf eine wissenschaftliche Kosmogonie wurde bereits von Leibniz als prinzipielle Schwäche der Newtonschen Naturphilosophie kritisiert. Leibniz und die Cartesianser waren der Ansicht, daß die Unmöglichkeit einer Kosmogonie eine notwendige Konsequenz der physikalischen Prinzipien Newtons sei.

Die Kosmogonie Kants (1755) zeigte dann aber, daß die Newtonschen Bewegungsgesetze durch Aussagen über die wahrscheinlichen Anfangszustände der primären kosmischen Massen zu ergänzen sind. Mit diesen Anfangszuständen ist dann die Entwicklung der kosmischen Körper und Körpersysteme aus den Bewegungsgesetzen ableitbar.

Zusammen mit Lockes Sensualismus wurde der „Newtonismus“ die Grundlage der Philosophie der französischen Aufklärung und später ein Ausgangspunkt der Philosophie Kants.

Auf Grund der überwältigenden Erfolge der Newtonschen Mechanik in Physik und Astronomie und nach Rezeption der Naturphilosophie von Newton als wissenschaftliches Fundament der Aufklärungsphilosophie seit Voltaire wurde Newtons Mechanik methodisch und inhaltlich mit der Naturwissenschaft überhaupt identifiziert. Voltaire, Maupertuis, Euler, D'Alembert u. a. setzten den Newtonismus gegen den Cartesianismus und die Leibniz-Wolffsche Monadologie als herrschendes Weltbild durch.

Ein Naturvorgang galt nunmehr als erklärt, wenn er in letzter Instanz auf die Bewegung von Massen nach den Newtonschen Bewegungsgesetzen zurückgeführt werden war. Dementsprechend sollte die Physik inhaltlich auf Newtons Prinzipien zurückführbar sein. Dies gelang von Newton bis Helmholtz für die Akustik und dann vor allem auch für die Thermodynamik, die im 19. Jahrhundert zur mechanischen Wärmetheorie wurde und dann auf eine statistische Mechanik reduziert wurde. Dieses Ziel erwies sich aber für die Elektrodynamik als unerreichbar, obwohl die mathematischen Hilfsmittel der Maxwellschen Theorie, die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, im Rahmen der Newtonschen Kontinuumsmechanik entwickelt worden waren.

Eine Grundlagen-Kritik von Newtons Prinzipien versuchte bereits Leibniz mit dem Hinweis auf die prinzipielle Unzugänglichkeit (Transzendenz) des absoluten Raumes und der absoluten Zeit Newtons. Gegenüber Newtons quasi-substanzieller Auffassung betonte er den Relations-Charakter von Raum und Zeit. Eine Auflösung von Leibniz' Kritik im Sinne einer neuen Deutung von Newtons Prinzipien war dann Kants Interpretation des Newtonschen Raumes und der Newtonschen Zeit als transzendentaler Anschauungsformen.

Im 19. Jahrhundert entstand mit der Theorie des elektromagnetischen Feldes von Faraday, Maxwell und Hertz eine physikalische Theorie, die inhaltlich nicht mehr auf Newtons Prinzipien zurückführbar war, indem sie anstelle der Fernwirkungen bei Newton sich mit endlicher Geschwindigkeit c ausbreitende Nahwirkungen einführte. Die gleichzeitige immanente Kritik der Newtonschen Prinzipien (Neumann, Mach, Hertz u. a.) zeigte, daß nicht alle erkenntnistheoretischen Prinzipien Newtons zur Erfassung des physikalischen Inhalts seiner Mechanik notwendig sind, und daß andererseits Newtons Physik-Methodologie nicht notwendig mit dem Programm verbunden sein muß, die Physik inhaltlich auf die Mechanik zurückzuführen.

Einstein hat auf Grund der Feldtheorie die Beziehungen von Raum, Zeit und Bewegung neu analysiert und gezeigt, daß Newtons Theorie von Raum und Zeit tatsächlich an die Vorstellung der unmittelbaren Fernwirkung gebunden ist. Gibt es hingegen nur Nahwirkungen, dann bekommen Raum und Zeit dadurch einen Relationscharakter, daß der Kausalnexus der Ereignisse und die raum-zeitliche Anordnung der Weltpunkte äquivalent sind. Nach Einsteins Gravitationstheorie, die hier über-

haupt der erste Schritt über Newton hinaus war, wird auch die Geometrie von Raum und Zeit durch das Gravitationsfeld beeinflusst und somit vom physikalischen Inhalt abhängig.

Die Quantenphysik führte mit der Entdeckung von Plancks Wirkungsquantum zu der Erkenntnis, daß die Newtonschen Größen „Ort und Impuls eines Teilchens“ nicht gleichzeitig beliebig scharf bestimmbar sind, so daß Newtons Grundaufgabe in Strenge gar nicht gestellt werden kann. Die Quantenmechanik behält daher die physikalischen Größen der Newtonschen Mechanik bei. Sie ordnet ihnen aber andere mathematische Strukturen zu als die durch die Newtonschen Axiome definierten.

Grundsätzlich erscheinen die Prinzipien Newtons als das methodologische Paradigma jeder physikalischen Theorienbildung. Inhaltlich ist hingegen Newtons Mechanik nunmehr ein idealer Grenzfall der Relativitäts- und Quantentheorie, wobei aber diese Theorie ihre physikalische Bedeutung gerade aus ihrer Korrespondenz zur Mechanik von Newton erhält.¹⁾

¹⁾ Vgl. hierzu „Newton und die heutige Physik“, in: „Spektrum“, 8, Heft 3, 1977.

Teilung des Kometen West

Dr. S. MARX

Schon seit sehr langem ist bekannt, daß Kometenkerne sich teilen können. Dies geschieht unter dem Einfluß äußerer Gravitationskräfte vor allem in Sonnennähe im Raum des inneren Planetensystems. Bei wiederholten Umläufen um die Sonne verliert der Komet außerdem durch die Erwärmung in Sonnennähe und die damit verbundene Ausbildung der Koma und des Schweifes gasförmige Materie, die wichtig für den Zusammenhalt der festen Partikel des Kernes ist. Erstmals konnte die Teilung eines Kometenkernes beim Biela'schen Kometen beobachtet werden, dessen Kern bei seiner Wiederkehr 1846 in zwei Teile gespalten war, die sich rasch voneinander entfernten. Eine Spaltung in fünf Bruchstücke wurde beim Kometen 1862 II beobachtet. Dieser Komet hatte im Perihel nur einen Abstand von 1,5 Sonnenradien von der Sonne. Eine Fünfteilung hat man außerdem noch beim Kometen 1889 V wahrgenommen.

Ferner ist schon seit langem bekannt, daß die Auflösungsprodukte der Kometenkerne sich auf die Kometenbahn verteilen und dann als Meteorströme beobachtet werden können. So gehen die Andromediden auf den Kometen Biela zurück und die bekannten Perseiden auf den Kometen 1862 III.

Die spektakulärste Kometenerscheinung des Jahres 1976 war der Komet West, der im Frühjahr 1976 mit bloßem Auge als eindrucksvolle Erscheinung am östlichen Morgenhimmel vor Sonnenaufgang gesehen werden konnte. In den Monaten März und April wurde eine Vierteilung des Kometen West beobachtet. Der Periheldurchgang des Kometen fand 1976 Februar 25,22 statt.

Die vier Bruchstücke des Kometenkernes bewegten sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit voneinander weg (s. Tab. 1). Die angegebenen Geschwindigkeiten sind auf das Bruchstück A bezogen und stellen die auf den Himmelshintergrund projizierten Geschwindigkeiten dar. Das Bruchstück A ist das hellste und damit wahrscheinlich massereichste Bruchstück des ursprünglichen Kernes. Für das Bruchstück C liegen Geschwindigkeitsbestimmungen aus zwei Zeiträumen vor. Daraus ist zu ersehen, daß die Geschwindigkeit des Bruchstückes C im Laufe der Zeit zugenommen hat.

Die auf den Himmelshintergrund projizierte Entfernung der Bruchstücke A und B hat zwischen 1976 März 18 und 1976 April 7 von 9300 km auf 21700 km zugenommen.

Von großem Interesse ist nun, wann es zum Bruch des Kernes gekommen ist. Eine Wahrscheinlichkeitsaussage darüber kann man nur aus theoretischen Rückrechnungen der beobachteten Bewegungen

Tabelle 1

Geschwindigkeiten der Bruchstücke des Kometen West in bezug auf das Hauptbruchstück A.

Zeitraum 1976 März 14 bis	B	26,4 km pro Stunde
1976 März 18	C	28,5 km pro Stunde
	D	12,8 km pro Stunde
Zeitraum 1976 März 24 bis	C	40,5 km pro Stunde
1976 März 25		

der einzelnen Bruchstücke erhalten. Im Fall des Kometen West stehen zur Zeit zwei Lösungen gleichberechtigt nebeneinander. Die erste besagt, daß nacheinander die Stücke D, B und C vom Hauptstück A abgebrochen sind. Nach der zweiten Lösung ist erst ein großes Stück (B + D) von Kern abgebrochen und später das Bruchstück C. Das große Bruchstück (B + D) ist dann in zwei Einzelstücke zerbrochen (s. Tab. 2).

Tabelle 2

Zeitpunkte des Auseinanderbrechens des Kernes des Kometen West.

Lösung 1	Abspaltung des Bruchstückes D	1976 Februar 14
	Abspaltung des Bruchstückes B	1976 Februar 22
	Abspaltung des Bruchstückes C	1976 März 6
Lösung 2	Abspaltung des Bruchstückes B + D	1976 Februar 22
	Abspaltung des Bruchstückes C	1976 März 6
	Aufspaltung des Bruchstückes B + D in die Einzelstücke B und D	1976 Februar 27

Tabelle 3

Helligkeitsverlauf der einzelnen Bruchstücke des Kometen West.

Datum	visuelle Helligkeit des Bruchstückes			
	A	B	C	D
1976 März 12	5,0	7,5	4,9	8,0
März 14	5,2	7,2	5,1	8,3
März 18	6,3	6,2	6,1	6,2
März 22	6,5	6,4	kleiner 12	6,5
März 26	7,0	8,0		6,9
März 29	7,3	7,0		7,5
April 2	8,1	10,1		8,2
April 5	8,5	12,0		8,6
April 10	9,5	11,5		10,6

Tabelle 3 gibt den Helligkeitsverlauf der einzelnen Bruchstücke. Die Stücke A und C zeigen einen kontinuierlichen Helligkeitsabfall. Dieser Abfall geht beim Bruchstück C so rapide vor sich, daß sich dieses bereits am 26. März der Beobachtung vollkommen entzogen hatte. Es könnte möglich sein, daß es noch weiter zerfallen ist und die sehr kleinen Stücke nicht mehr sichtbar waren.

Die Bruchstücke B und D zeigen „Helligkeitsausbrüche“. Bei B wurde dies am 18. und am 29. März wahrgenommen. Interessant ist, daß ebenfalls am 18. März bei D ein Helligkeitsausbruch beobachtet werden konnte.

Die interessante Kernteilung des Kometen West fand im amateurastronomisch beobachtbaren Bereich statt und sicher haben viele Amateure diese Erscheinung wahrgenommen. Die Redaktion ist für Mitteilungen über diese Beobachtungen dankbar.

Beobachtungshinweise auf Kometen des Jahres 1977

Jährlich werden zufällig neue Kometen entdeckt. Die Berechnungen der Bahnen führen oft auf periodisch wiederkehrende Kometen. Aus den Bahndaten können spätere Sonnennähen und damit Beobachtungsperioden vorherberechnet werden. Die vorausgerechneten Zeiten und Orte stimmen nicht immer völlig mit den dann tatsächlich beobachteten überein, da bei den Bahnberechnungen und Vorausrechnungen nicht immer alle gravitativen Einflüsse der Planeten hinreichend berücksichtigt werden können. Schon aus diesem Grunde sind Beobachtungen wiederkehrender Kometen von Bedeutung, um mögliche Bahnkorrekturen zu berechnen.

Für 1977 sind ebenfalls einige wiederkehrende Kometen zu erwarten, die durchaus Helligkeiten erreichen, die mit amateurastronomischen Mitteln zu erreichen sind. Dazu gehören die Kometen Grigg-Skjellerup und Encke. Der Komet Grigg-Skjellerup hat eine Umlaufzeit von 5,1 Jahren, Encke von 3,3 Jahren. Vom Kometen Encke wurden bereits 50 Periheldurchgänge beobachtet.

In der folgenden Tabelle sind Rektaszension und Deklination für das Äquinoktium 1950, die zu erwartende Helligkeit und die Entfernung von der Erde und der Sonne für die beiden Kometen gegeben.

Datum	Rektaszension	Deklination	Entfernung von der Sonne		Helligkeit
astron. Einheiten					
Grigg – Skjellerup					
1977 April 22	20 ^h 26 ^m 11 ^s	0°32′	0,254	1,005	10,5
Mai 2	20 ^h 37 ^m 13 ^s	12°50′	0,319	1,036	11,0
Mai 12	20 ^h 43 ^m 10 ^s	20°49′	0,385	1,083	12,0
Mai 17	20 ^h 45 ^m 15 ^s	23°47′	0,417	1,112	12,5
Encke					
1977 Juli 6	4 ^h 49 ^m 11 ^s	28°52′	1,731	0,979	12,0
Juli 16	5 ^h 47 ^m 10 ^s	29°26′	1,588	0,894	11,0
Juli 26	6 ^h 56 ^m 15 ^s	27°57′	1,477	0,824	10,0
August 5	8 ^h 16 ^m 12 ^s	23°11′	1,405	0,446	9,0

Dr. S. MARX

Amateure beobachten und berichten

Grundlagen für die Auswertung von Kometenbeobachtungen

JÖRG MOSCH

1. Voraussetzungen und Ziele

Bei diesen Betrachtungen wird davon ausgegangen, daß der Schweif eines Kometen stets zur Verbindungslinie Sonne-Komet einen Winkel von 180° einschließt. Bei der Berechnung der Länge eines Nebenschweifs nach diesem Verfahren treten also Fehler auf, die dem Ergebnis lediglich einen ungefähren Charakter verleihen.

Benötigt werden folgende Größen:

β	Elongation des Kometen, scheinbarer Winkelabstand von der Sonne
$\varphi \pm \Delta\varphi$	scheinbare Winkelausdehnung des Kometen bzw. bestimmter Kometenteile
$\Delta \pm \Delta\Delta$	Entfernung des Kometen von der Erde in AE
$r \pm \Delta r$	Entfernung des Kometen von der Sonne in AE
R	Entfernung der Erde von der Sonne in AE

Die Fehler $\Delta\Delta$ und Δr treten auf, weil die dazugehörigen Größen aus Eichdiagrammen bestimmt wurden, wobei aus Mangel an Werten teilweise auf eine lineare Verlängerung der Kurven zurückgegriffen werden mußte. Ziel dieser Untersuchung ist es, die wahre Schweiflänge $t \pm \Delta t$, den wahren Kopfdurchmesser $t_k \pm \Delta t_k$ und den wahren Schweifdurchmesser $t_d \pm \Delta t_d$ in Kilometer zu bestimmen. Die Längen der Nebenschweife können ohne Kenntnis des Verzerrungswinkels zum Beobachter nur nach der Formel für $t \pm \Delta t$ berechnet werden; bringen also einen großen Fehler mit sich.

2. Benötigte Größen

2.1. Elongation

2.1.1. Berechnung nach den Äquatorialkoordinaten

Hierzu benötigen wir die Äquatorialkoordinaten des Kometen $RA_k \pm \Delta RA_k$ und $D_k \pm \Delta D_k$ sowie die der Sonne $RA_\odot$ und $D_\odot$. Bei den Sonnenkoordinaten können wir auf eine Fehlerangabe verzichten, da diese hinreichend genau in einem astronomischen Kalender bzw. Jahrbuch zu finden sind. Allerdings brauchen wir die Koordinaten zum Beobachtungszeitpunkt, so daß wir notfalls auf ein möglichst genaues Eichdiagramm zurückgreifen müssen.

Die Rektaszensionswerte sind von Zeitmaß in Gradmaß umzuwandeln [1], [2]. Die Kometenkoordinaten entnehmen wir der entsprechenden Schnellnachricht, einer anderen Ephemeride, oder besser, falls die nötige Genauigkeit gegeben ist, den eigenen Beobachtungen.

Unter [3], S. 186 finden wir die Formel zur Berechnung der Hypotenuse im rechtwinkligen sphärischen Dreieck (3). Die Katheten bestimmen wir nach (1) und (2).

$$P = |D_k - D_\odot| \quad (1)$$

$$Q = |RA_k - RA_\odot| \quad (2)$$

$$\cos \beta = \cos P \cdot \cos Q \quad (3)$$

Die Fehler der Katheten sind (4) und (5)

$$\Delta P = D_k \quad (4)$$

$$\Delta Q = RA_k \quad (5)$$

Unter [4] findet man die allgemeine Formel (6) zum Abschätzen der Genauigkeit von Rechenresultaten.

$$\Delta f = \Delta a_1 |f_{x1}(a_1, a_2)| + \Delta a_2 |f_{x2}(a_1, a_2)| \quad (6)$$

Aus ihr resultiert (7) für den Fehler der Elongation.

$$\Delta \beta = \Delta P \sin P \cos Q + \Delta Q \cos P \sin Q \quad (7)$$

2.1.2. Berechnung nach den Entfernungsangaben

Falls Δ , r und R gegeben sind, können wir auf den Cosinussatz [3], S. 126, zurückgreifen, es ergibt sich die Formel (8).

$$\cos \beta = \frac{\Delta^2 + R^2 - r^2}{2\Delta R} \quad (8)$$

Die Fehlerbetrachtung kann bei dieser Berechnung vernachlässigt werden, wenn das Ergebnis in Zehntel Grad angegeben wird, da die Fehler der aus den Eichdiagrammen bestimmten Δ - und r -Werte zu gering sind, um es maßgeblich zu beeinflussen. Für die Auswertung der Beobachtungen an 1973-f und 1974-b wurde 2.1.2. angewendet.

2.2. Scheinbare Winkelausdehnung des Kometen bzw. bestimmter Kometenteile

Diese Werte wurden mit Hilfe eines Prismenglasses 7×40 mit eingebauter Meßplatte (artilleristische Strichteilung), die mit Hilfe einer selbstgebauten Dunkelfeldbeleuchtung stufenlos erhellt werden konnte, gemessen. Die Fehler beruhen auf der Tatsache, daß ohne Stativ beobachtet wurde und auf der geringen Flächenhelligkeit der zu vermessenden Kometenteile. Aus letztgenannten Gründen weisen die Bestimmungen der Schweiflänge größere Fehler auf, als beispielsweise das Messen der Schweifbreite in bestimmtem Abstand vom Kopf. Nach dem glaubhaft sichersten Verfahren, der hier beschriebenen Meßmethode, wurden auch scheinbare Entfernungen des Kometenkopfes von Fixsternen der Umgebung bestimmt, die das Ermitteln der Kometenkoordinaten aus den Zeichnungen erleichtern und präzisieren sollen. Die Umrechnung von Strich in Grad und Minuten erfolgt nach (9).

$$0 - 10 = 36' \quad (9)$$

$$0 - 05 = 18'$$

Abb. 2

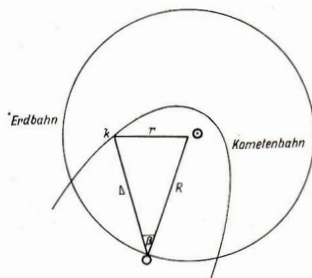
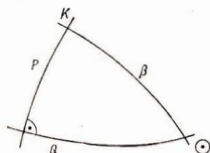


Abb. 1



2.3. Entfernungangaben

2.3.1. Entfernung Komet-Erde Δ und Entfernung Komet-Sonne r

Diese Werte, die wir einer vorgegebenen Ephemeride entnehmen, stellen wir in einem Eichdiagramm graphisch dar, wobei die Einteilung auf den Achsen möglichst groß sein soll, um ein fehlerloses Ablesen von Δ bzw. r zum Beobachtungszeitpunkt auf 3 Stellen nach dem Komma zu ermöglichen. Hierzu ist es notwendig, die Beobachtungszeit auf WZ zu reduzieren und in Bruchteile des Tages umzuwandeln [1]. Die Ephemeriden sind in ET gegeben, die Differenz zwischen ET und WZ kann jedoch vernachlässigt werden. Als Zeitpunkt nehmen wir die Mitte unserer Beobachtungszeit an. Für das Bestimmen der Δ - und r -Werte der Kometen Kohoutek und Bradfield dienten die Diagramme I und II. Bei längeren Beobachtungszeiträumen ist es notwendig, mehrere Eichdiagramme anzufertigen, um den Ablesefehler klein zu halten. Falls die in der Ephemeride gegebenen Entfernungswerte vor der eigentlichen Beobachtungszeit abbrechen, macht es sich notwendig, den weiteren Kurvenverlauf zu rekonstruieren. Bei 1974-b bot sich eine lineare Verlängerung an. Wie weit man mit diesem Verfahren gehen kann, muß man von Fall zu Fall entscheiden, da die Gefahr, daß größere Fehler auftreten, groß ist. Bei I und II wurde $\Delta\Delta$ bzw. Δr auf ± 0.005 AE geschätzt.

2.3.2. Entfernung Sonne-Erde

Diese Werte finden wir unter [2]. Weil sie keinen großen Schwankungen unterliegen, können wir die Beobachtungszeiten auf ganze Tage auf- bzw. abrunden. Außerdem sind mehr Stellen nach dem Komma gegeben, als wir für unsere Berechnungen benötigen. Zum Vereinfachen der Berechnungen führen wir alle Operationen mit Entfernungangaben der Einheit AE durch und wandeln erst die Resultate nach (10) in Kilometer um.

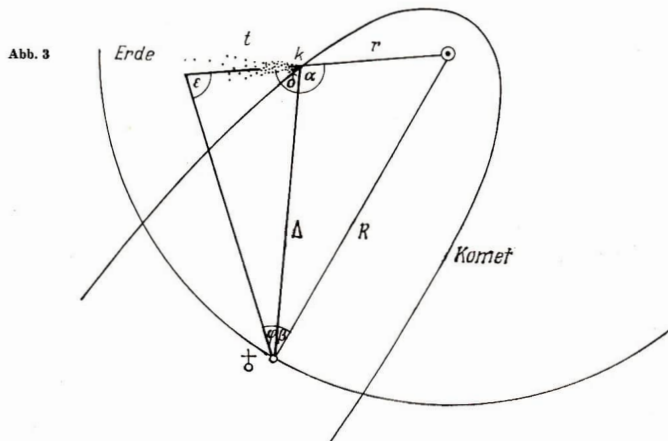
$$1 \text{ AE} = 149,600 \cdot 10^6 \text{ km} \quad (10)$$

3. Gesuchte Größen

3.1. Schweiflänge $t + \Delta t$

Nach [3], S. 126 ergibt sich Formel (11) für den Winkel α .

$$\cos \alpha = \frac{r^2 + \Delta^2 - R^2}{2\Delta r} \quad (11)$$



Wie auch bei (8) kann der Fehler vernachlässigt werden. Die Winkel δ und ε berechnen wir nach (12) und (13).

$$\delta = 180^\circ - \alpha \quad (12)$$

$$\varepsilon = 180^\circ - \varphi - \delta$$

$$\Delta \varepsilon = \Delta \varphi \quad (13)$$

Aus dem Sinussatz [3], S. 126, läßt sich die Formel (14) herleiten, die unter Einbeziehung der Fehler $\Delta \varepsilon$ und $\Delta \varphi$ zu (15) wird. In Anbetracht der geringen Größe von $\Delta \Delta$ wurde wiederum auf diesen Wert verzichtet.

$$t = \frac{\Delta \cdot \sin \varphi}{\sin \varepsilon} \quad (14)$$

$$t \pm \Delta t = \frac{\Delta \cdot \sin (\varphi \pm \Delta \varphi)}{\sin (\varepsilon \pm \Delta \varepsilon)} \quad (15)$$

Die beiden Extremwerte $t_{\max}$ und $t_{\min}$ berechnen wir nach (16) und (17).

$$t_{\max} = \frac{\Delta \cdot \sin (\varphi + \Delta \varphi)}{\sin (\varepsilon - \Delta \varepsilon)} \quad (16)$$

$$t_{\min} = \frac{\Delta \cdot \sin (\varphi - \Delta \varphi)}{\sin (\varepsilon + \Delta \varepsilon)} \quad (17)$$

Durch weitere Vereinfachung erhalten wir aus (15) Formel (18). [3], S. 160,

$$t \pm \Delta t = \frac{\Delta \sin \varphi \pm \Delta \cos \varphi \Delta \varphi}{\sin \varepsilon \mp \cos \varepsilon \Delta \varepsilon} \quad (18)$$

Bei der Berechnung von Nebenschweiflängen verfahren wir analog, erhalten jedoch ein ungleich unsicheres Ergebnis.

3.2. Kopfdurchmesser

Für die Bestimmung des Kopfdurchmessers benutzen wir Formel (19), die sich unter Zuhilfenahme von (20), da φ sehr klein ist, zu (21) vereinfachen läßt. Dabei wird der Kopf als kugelförmig angenommen. Bei Kometen mit starker Gasentwicklung ist die Breite der Erscheinung in Höhe des Kerns zu messen, falls keine eindeutige Trennung möglich ist (Abb. 5).

$$\frac{t_k}{2} = \Delta \cdot \frac{\sin \varphi}{2} \quad (19)$$

$$\frac{\sin \varphi}{2} = \frac{\varphi}{2} \quad (20)$$

$$t_k = \Delta \cdot \varphi \quad (21)$$

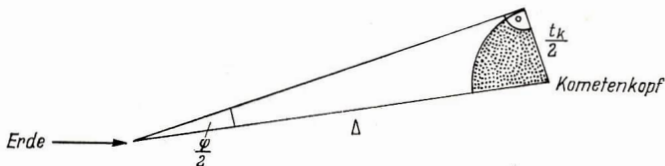
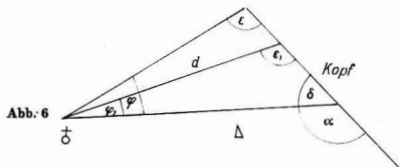


Abb. 4

Abb. 5



Um φ im Bogenmaß zu erhalten, wandeln wir (21) in (22) um.

$$t_k = \frac{\pi \cdot \varphi \cdot \Delta}{180^\circ} \quad (22)$$

Unter Einbeziehung von $\Delta\varphi$ ergeben sich (23) und (24), wobei (24) den Fehler der Kopfdurchmesserberechnung darstellt.

$$t_k \pm \Delta t_k = \frac{\pi \varphi \Delta \pm \pi \Delta \varphi \Delta}{180^\circ} \quad (23)$$

$$\pm \Delta t_k = \pm \frac{\pi \Delta \varphi \Delta}{180^\circ} \quad (24)$$

3.3. Schweifdurchmesser in bestimmtem Abstand vom Kopf $t_d \pm \Delta t_d$

Im Dreieck nach Abb. 6 gilt folgende Winkelbeziehung (25).

$$\varepsilon' = \alpha - \varphi \quad (25)$$

Für den Fehler des Winkels φ benutzt man (26).

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 = \Delta\varepsilon \quad (26)$$

In Anwendung des Sinussatzes nach [3], S. 126, ergibt sich (27):

$$t_1 = \frac{\Delta \cdot \sin \varphi}{\sin \varepsilon} \quad (27)$$

Analog zu Formel (18) entsteht unter Einbeziehung der Fehler (28).

$$t_1 \pm \Delta t_1 = \frac{\Delta \sin \varphi_1 \pm \Delta \cos \varphi_1 \Delta \varphi_1}{\sin \varepsilon_1 \mp \cos \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_1} \quad (28)$$

Die erneute Anwendung des Sinussatzes führt uns zu Formel (29).

$$d = \frac{\Delta \cdot \sin \delta}{\sin \varepsilon_1} \quad (29)$$

Wiederum in Analogie zu (18) erhalten wir (30), wobei jedoch auf Grund des fehlenden $\Delta\delta$ eine Vereinfachung eintritt.

$$d \pm \Delta d = \frac{\Delta \cdot \sin \delta}{\sin \varepsilon_1 \mp \cos \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_1} \quad (30)$$

Die Berechnung des Schweifdurchmessers erfolgt analog zu Formel (22) mit (31), wobei φ_0 die gemessene scheinbare Schweifbreite ist.

$$t_d = \frac{\pi \cdot \varphi_0 \cdot d}{180^\circ} \quad (31)$$

Bei dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, daß der Schweif des Kometen einen runden Querschnitt aufweist. Die Formeln (32) und (33) entstehen durch Einsetzen der Fehler von φ_0 und d , (33) gibt den Fehler dieser Berechnung wieder.

$$t_d \pm \Delta t_d = \frac{\pi}{180^\circ} (\varphi_0 \pm \Delta\varphi_0) (d \pm \Delta d) \quad (32)$$

$$\pm \Delta t_d = \pm \frac{\pi}{180^\circ} (\varphi_0 \Delta d + \Delta\varphi_0 d) \quad (33)$$

4. Helligkeitsbeobachtungen

Auf Grund der schnellen Eigenbewegung der Kometen am Himmel war es bei 1973-f und 1974-b nicht möglich, eine geschlossene Reihe von Vergleichssternen zu benutzen, um die Helligkeitsänderungen festzustellen. Für die Schätzungen wurde die Argelandersche Stufenschätzmethode angewandt, wobei das Instrument defokussiert wurde, um eine Ähnlichkeit der Sternscheibchen mit dem Kometenkopf, dieser wurde ausnahmslos geschätzt, zu erreichen. Um diese Beobachtungen auswerten zu können, benötigt man einen möglichst weit reichenden Sternatlas mit Katalog. Dieser stand jedoch

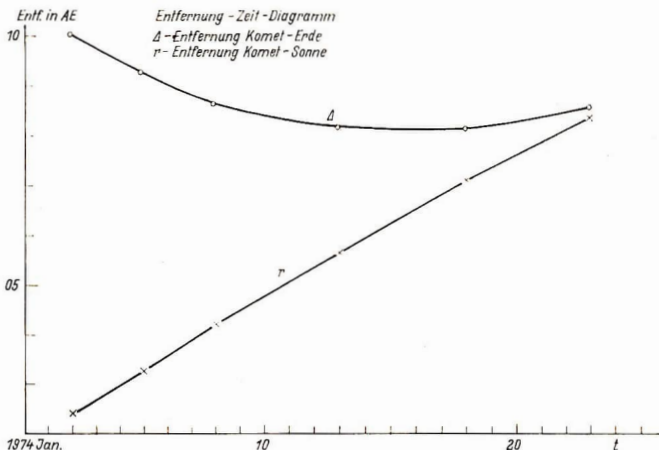


Abb. 8: Komet Kohoutek 1973-f.

dem Berichterstatter nicht im erforderlichen Maße zur Verfügung. Bei Kenntnis der scheinbaren Vergleichssterneheligkeiten verfährt man analog zur Auswertung von Helligkeitsschätzungen an veränderlichen Sternen.

5. Koordinatenbestimmungen

Mit Hilfe der Zeichnungen und der unter 2.2. erwähnten, gemessenen scheinbaren Winkelabstände des Kometen von den Fixsternen der Umgebung, kann man in einem Sternatlas die Position des Kometen relativ genau bestimmen. Zu diesem Zweck nimmt man die scheinbaren Winkelabstände, reduziert auf den Maßstab des Atlas, in die Zirkelspanne und schlägt — ausgehend von den betreffen-

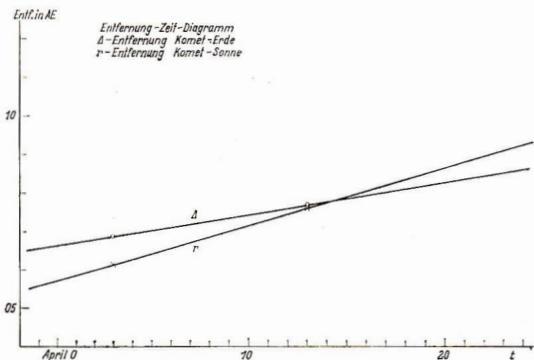


Abb. 9:
Komet Bradfield
1974-b.

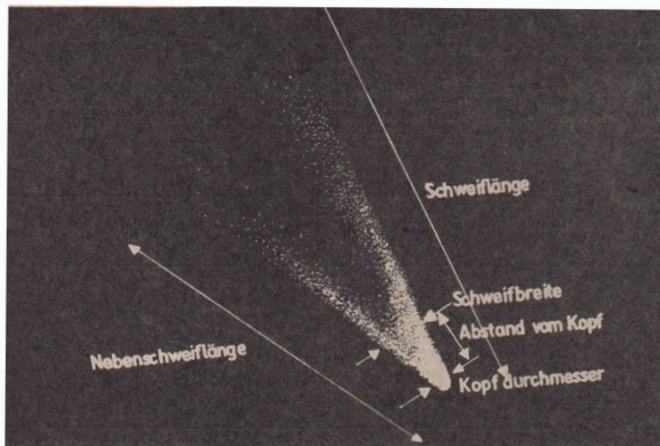


Abb. 7: Schematische Darstellung des Kometen Bradfield (1974-b) zum Verdeutlichen der gemessenen scheinbaren Winkelausdehnungen.

den Fixsternen — Kreisbögen, deren Schnittpunkt den Ort des Kometen ergibt. Mit Hilfe des Fehlers erhalten wir einen Maximal- und einen Minimalwert, deren Auftragen in den Sternatlas ein mögliches Gebiet aufzeigt, welches ein Ablesen der Koordinatenfehler möglich macht. Allerdings treten bei derartigen Untersuchungen oft Schwierigkeiten auf, die ihre Ursache in den Ungenauigkeiten der Zeichnungen haben, aber auch mit der Grenzgröße des betreffenden Sternatlas zusammenhängen können. Auf alle Fälle sollte man sich neben der Zeichnung noch eine Skizze der näheren Umgebung anfertigen, um es bei der Auswertung leichter zu haben. Durch exakte Positionsbestimmungen, die jedoch besser mit einem hochvergrößernden Instrument bzw. auf photographischem Wege gewonnen werden sollten, lassen sich auch relativ genaue Bahnberechnungen anstellen. Die Beobachtungen an 1973-f und 1974-b weisen jedoch weder die erforderliche Genauigkeit auf, noch ist die Zeitdifferenz zwischen erster und letzter Beobachtung groß genug, um eine Bahnberechnung sinnvoll erscheinen zu lassen.

6. Schlußbemerkungen

Abschließend sei noch erwähnt, daß derartige Kometenbeobachtungen, bei denen unser Auge bis an die Grenze seines Möglichen, in Hinsicht auf die Erkennbarkeit geringer Flächenhelligkeiten, belastet wird, in sehr starkem Maße von den Beobachtungsbedingungen abhängig sind. Bereits mit der Durchsichtigkeit der Luft verändert sich die äußere, gerade noch sichtbare Grenze des Schweifes ganz erheblich, ganz abgesehen von leichten Wolkenschleiern, bei denen man sich auf die Festlegung der Kopfposition beschränken sollte.

Auswertung der Beobachtungen an den Kometen 1973-f und 1974-b

Kohoutek (1973-f)

Die drei Beobachtungen im Januar reichten nicht, um eine deutliche Tendenz der Veränderung der wahren Kometenausdehnung erkennen zu lassen. Der Komet hatte eine Schweiflänge von etwa $12 \cdot 10^6$ km, der Kopfdurchmesser betrug 10^3 km und der Durchmesser des Schweifes in einem Abstand von etwa $1,8 \cdot 10^6$ km wurde mit etwa $6,5 \cdot 10^4$ km berechnet.

Bradfield (1974-b)

Hierbei war es möglich, eine deutliche Abnahme der Schweiflänge im Verlauf der Beobachtungszeit zu registrieren. Die Schweiflänge schrumpfte von April 09 bis April 23 von etwa $3,7 \cdot 10^6$ km auf $1,9 \cdot 10^6$ km. Die Nebenschweiflänge ging ebenfalls zurück. Die vorhandenen Schwankungen haben ihre Ursache in der Ungenauigkeit des Verfahrens und in den wechselhaften Beobachtungsbedingungen. Die gleichbleibende Größe des Kopfes ist eventuell auch auf Beobachtungsfehler zurückzuführen. Die umgekehrte Proportionalität des Wertes r (Entfernung des Kometen von der Sonne) zur wahren Schweiflänge war erkennbar. Das Messen des Schweifdurchmessers hatte insofern wenig Sinn, da durch das Auftreten eines Haupt- und eines Nebenschweifes sicherlich kein runder Schweifdurchmesser entstand. Da hierfür kein korrigierender Winkel gefunden werden konnte, gilt der angegebene Fehler lediglich für die bekannten Eingangsgrößen.

Ergebnisse der Auswertung der Beobachtungen an den Kometen 1973 f und 1974 b

Nr. 1–3 Komet Kohoutek			Nr. 4–11 Komet Bradfield				Schweiflänge $\varphi \pm \Delta\varphi$	Kopfdurchmesser $\varphi \pm \Delta\varphi$
Nr.	Datum/MEZ 1974	WZ	r	R	β			
1	1 ^m 11 ^d 18 ^h 00 ^m	11 ^h 71	0.818	0.530	0.983	32 ^h 7	6 ^m 00' $\pm$ 18'	—
2	12 ^d 18 ^h 40 ^m	12 ^h 74	0.812	0.560	0.984	34 ^h 8	6 ^m 00' $\pm$ 36'	—
3	13 ^d 18 ^h 10 ^m	13 ^h 72	0.809	0.590	0.984	36 ^h 7	5 ^m 24' $\pm$ 18'	03' $\pm$ 1'
4	4 ^m 09 ^d 20 ^h 45 ^m	09 ^h 82	0.743	0.715	1.002	45 ^h 5	1 ^m 53' $\pm$ 04'	05
5	10 ^d 21 ^h 30 ^m	10 ^h 85	0.752	0.730	1.002	46 ^h 6	1 ^m 48' $\pm$ 04'	3;6
6	13 ^d 21 ^h 10 ^m	13 ^h 84	0.776	0.774	1.003	49 ^h 8	1 ^m 44' $\pm$ 04'	3;6 – 5;4
7	14 ^d 21 ^h 15 ^m	14 ^h 84	0.785	0.789	1.003	50 ^h 7	1 ^m 41' $\pm$ 04'	3;6
8	15 ^d 21 ^h 20 ^m	15 ^h 85	0.793	0.804	1.004	51 ^h 8	1 ^m 21' $\pm$ 04'	3;6' – 5;4
9	21 ^d 21 ^h 10 ^m	21 ^h 84	0.843	0.893	1.005	57 ^h 2	0 ^m 36' $\pm$ 18'	—
10	22 ^d 21 ^h 30 ^m	22 ^h 85	0.853	0.908	1.005	58 ^h 0	0 ^m 59' $\pm$ 04'	3;6
11	23 ^d 22 ^h 10 ^m	23 ^h 88	0.862	0.925	1.006	58 ^h 9	0 ^m 50' $\pm$ 05'	1;8 – 3;6

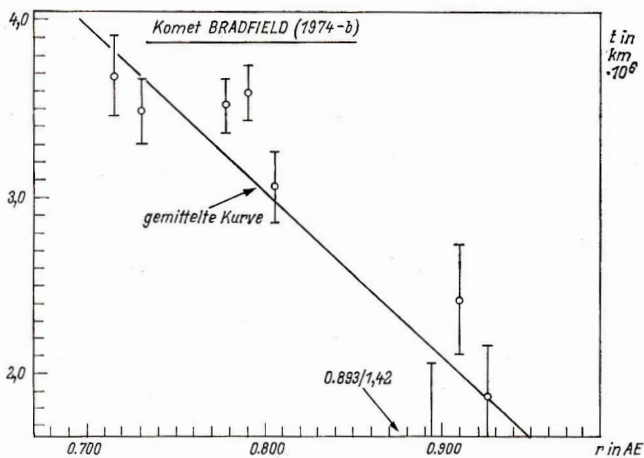
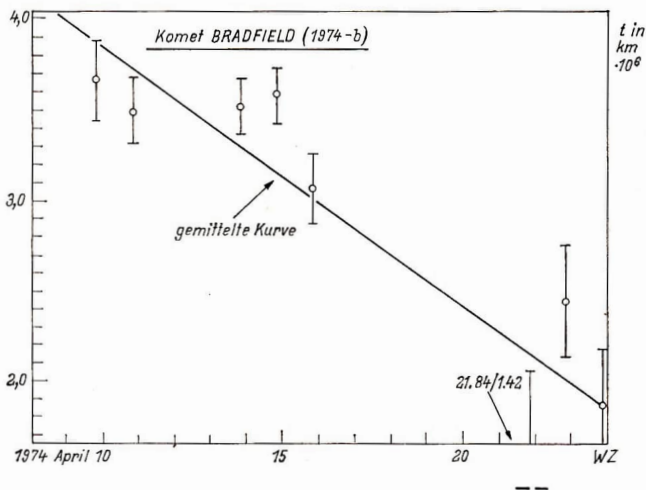
Nr.	Schweifbreite φ	Abst. v. Kopf φ	Nebenschweiflänge φ	α	δ	$\varepsilon \pm \Delta\varepsilon$
1	18' $\pm$ 04'	54' $\pm$ 04'	—	91 ^h 1	88 ^h 9	85 ^h 1 $\pm$ 0 ^h 3
2	18' $\pm$ 09'	etwa 1°	—	89 ^h 6	90 ^h 4	83 ^h 6 $\pm$ 0 ^h 6
3	27' $\pm$ 05'	54' $\pm$ 04'	—	87 ^h 9	92 ^h 1	82 ^h 5 $\pm$ 0 ^h 3
4	40' $\pm$ 04'	50' $\pm$ 04'	—	86 ^h 8	93 ^h 2	84 ^h 9 $\pm$ 0 ^h 1
5	—	—	45' $\pm$ 04'	85 ^h 1	94 ^h 9	83 ^h 3 $\pm$ 0 ^h 1
6	—	—	45' $\pm$ 04'	80 ^h 7	90 ^h 3	79 ^h 0 $\pm$ 0 ^h 1
7	—	—	41' $\pm$ 04'	79 ^h 2	100 ^h 8	77 ^h 5 $\pm$ 0 ^h 1
8	—	—	32' $\pm$ 04'	77 ^h 9	102 ^h 1	76 ^h 5 $\pm$ 0 ^h 1
9	—	—	—	70 ^h 7	109 ^h 3	70 ^h 1 $\pm$ 0 ^h 3
10	—	—	36' $\pm$ 09'	69 ^h 5	110 ^h 5	68 ^h 5 $\pm$ 0 ^h 1
11	—	—	—	68 ^h 4	111 ^h 6	67 ^h 6 $\pm$ 0 ^h 1

Nr.	Hauptschweiflänge in km $t \pm \Delta t$	Nebenschweiflänge in km $t \pm \Delta t$	Kopfdurchmesser in km $t_k \pm \Delta t_k$
1	$12,85 \cdot 10^6 \pm 0,717 \cdot 10^6$	—	—
2	12,78	—	—
3	11,52	—	$0,105 \cdot 10^6 \pm 0,0344 \cdot 10^6$
4	3,68	—	0,162
5	3,48	$1,54 \cdot 10^6 \pm 0,224 \cdot 10^6$	0,118
6	3,51	1,60	0,153
7	3,59	1,44	0,123
8	3,04	1,03	0,156
9	1,42	—	—
10	2,43	$1,23 \cdot 10^6 \pm 0,299 \cdot 10^6$	0,133
11	$1,85 \cdot 10^6 \pm 0,314 \cdot 10^6$	—	$0,100 \cdot 10^6 \pm 0,0329 \cdot 10^6$

Nr.	Entf. v. Kopf $t_i \pm \Delta t_i$ in km	d in AE	Schweifdurchmesser in km $t_d \pm \Delta t_d$
1	$1,74 \pm 0,389 \cdot 10^6$	0,818	$0,644 \pm 0,135 \cdot 10^6$
2	1,96	0,812	0,644
3	1,87	0,809	0,943
4	$1,48 \pm 0,254 \cdot 10^6$	0,743	$1,290 \pm 0,120 \cdot 10^6$

Literatur:

- [1] Ahnert, Dr. Paul: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen, Johann-Ambrosius-Bart-Verlag Leipzig, 1961 S. 20 ff. — [2] Ahnert, Dr. Paul: Kalender für Sternfreunde 1974, Johann-Ambrosius-Bart-Verlag Leipzig, 1973, S. 42 ff. — [3] Bartsch, Hans Jochen: Mathematische Formeln, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1972, S. 126, 160, 186, 193, 209, 405. —



1. Diagramm oben: Abhängigkeit der Schweiflänge t von WZ.

2. Diagramm unten: Abhängigkeit der Schweiflänge t von der Entfernung des Kometen von der Sonne r .

Der Große Wagen – Vergangenheit und Zukunft?

Der Große Wagen ist ein beliebtes Objekt zur Demonstration der Eigenbewegung der Sterne. In kaum einem astronomischen Buch fehlen Abbildungen dieses Sternbilds für vor und in 100 000 Jahren (Abb. 1 bis 3). Es sind nur immer die sieben hellen Wagensterne dargestellt; ob sich vielleicht andere Sterne mit einer größeren Eigenbewegung in deren Nähe befanden oder befinden werden, ist nicht ersichtlich.

Bei näherer Betrachtung der Komponenten der Eigenbewegung Arkturs (in [1] oder [2]!) ist sofort deutlich, daß dieser Stern aus der Umgebung des Großen Wagens kam, um seinen heutigen Ort zu erreichen. Eine Rechnung zeigt zur Überraschung: vor 10⁵ a hatte Arktur noch im „werdenden“ Kasten gestanden! Aber leider brachte ein Vergleich mit weiteren Katalogen einen Fehler im Vorzeichen der Eigenbewegung in Rektaszension zutage. Arktur hatte sich, zwar bei gleicher Deklination, im Drachen aufgehoben!

Erst in der Zukunft ließ sich ein hellerer Stern – zeta Herculis – in unmittelbarer Wagennähe finden (Abb. 3). In 10⁵ a beträgt die Distanz Sonne/zeta Herculis nur noch etwa 10,5 LJ, um nach weiteren 10 000 Jahren das Minimum der Annäherung mit einer scheinbaren Geschwindigkeit von 5"/a (heute 0,6) zu durchlaufen. Die Helligkeit ist wegen der relativen Nähe von 3^m0 auf 0^m8 (Aïair) gestiegen. Abb. 3 zeigt auch die Bahn, die zeta Her im Laufe der Jahrzehntausende einschlägt. Etwa nach 87 000 a erfolgt ein naher „Vorübergang“ (etwa 1") am ersten Deichselstern; zur gleichen Zeit ist auf Grund der Präzession die Wega wieder mal Polarstern.

Der große Wagen:



Abb. 1



Abb. 2

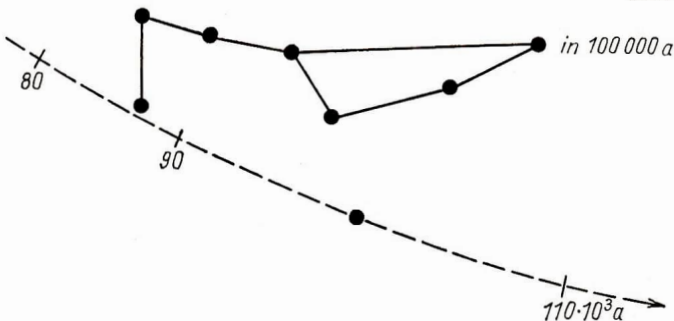


Abb. 3

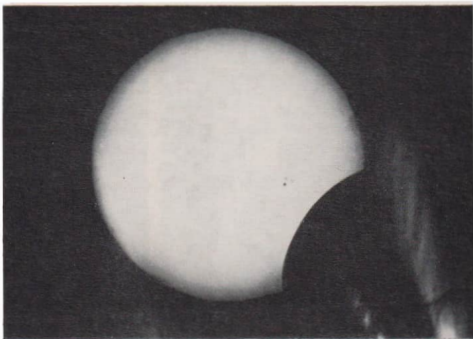
Die ringförmige Sonnenfinsternis vom 29. 4. 76 war für uns partiell und in Hohenstein-Ernstthal mit einem Bedeckungsgrad von 42 % sichtbar. Visuell wurde mit einer Zeiss-D-Optik 50/320 mit Colziprisma beobachtet. Als Zeiten konnten ermittelt werden: 1. Kontakt 10h09m04s MEZ, Antritt der Fleckengruppe 10h42m45s MEZ, letzter Kontakt 12h56m53s MEZ. Für die Zeitnahme stand das Impulszeitzeichen auf 5,5 MHz zur Verfügung.

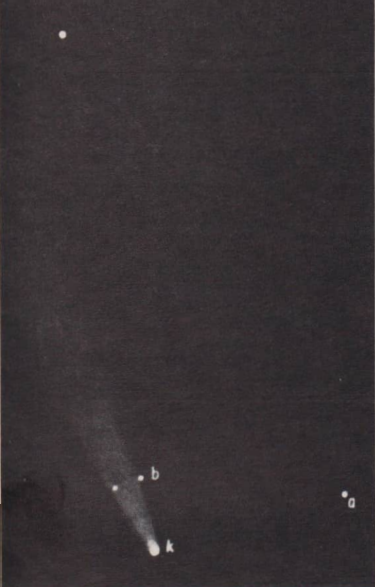
Trotz zeitweise auftretendem Alto-Stratus konnte der Finsternisverlauf fast vollständig verfolgt werden. Die am Vortage noch fertiggestellte Sonnenkamera wurde zur fotografischen Dokumentation eingesetzt und lieferte trotz vorher nicht möglicher Testaufnahmen brauchbare Fotos. Für die Sonnenkamera fand das vorzügliche Astro-Objektiv 50/540 vom VEB Carl Zeiss Verwendung. In Verbindung mit dem Zeiss-Projektiv 4:1 und dem Kleinbildkameragehäuse „Praktina“ ergab sich ein Projektionsbild der Sonne von 16 mm Durchmesser. Zur Dämpfung des Lichtstromes setzte ich unmittelbar hinter das Projektiv das Schott-Neutralfilter NG 10/2 und das handelsübliche Fotofilter GR 1. Damit wurde gleichzeitig eine gute Kontrastierung der Fleckengruppe sowie Beseitigung eines evtl. vorhandenen Restes des sogenannten sekundären Spektrums erreicht. Diese Filterkombination ergab eine Lichtstromdämpfung von 3500. Die Belichtungszeiten dürften demnach bei dem verwendeten Negativmaterial NP 15 zwischen $\frac{1}{200}s$ und $\frac{1}{400}s$ liegen. Weiterhin wurden während der Finsternis Strahlungs- und Lufttemperaturmessungen durchgeführt, deren Verlauf aber immer wieder von durchziehenden Wolkenfeldern gestört wurde. Trotzdem ließ sich ein deutliches Nachziehen der Temperatur feststellen. Tiefste Strahlungstemperatur 8,0 °C, tiefste Lufttemperatur 6,7 °C um 11h48m MEZ, Zeit der größten Bedeckung: 11h32m MEZ.

WOLFRIED REUSCHEL



Zur Sonnenfinsternis vom 29. 4. 1976



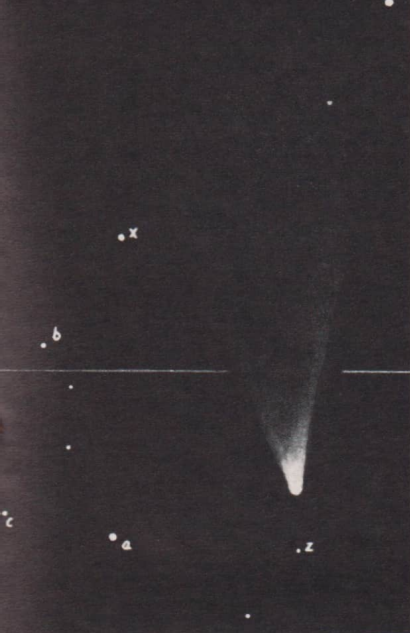


1974 Jan. 11 18^h00^m Komet 1973 f
1974 Jan. 13 18^h10^m Komet 1973 f



1974 Jan. 12 18^h40^m Komet 1973 f
1974 April 09 20^h45^m Komet 1974 b





Komet 1974 b. Links oben: 1974 April 10 21^h30^m
 Oben: 1974 April 13 21^h10^m
 Links unten: 1974 April 14 21^h15^m
 Unten: 1974 April 22 21^h30^m

Zum Beitrag S. 39





Abb. 1:
Beob.-Nr. 76 1965-03-11;
20.30 bis 21.15 MEZ
Vergr. 110fach, Luft: 3
Mondalter: 8^d
(Pfeilspitze gibt Nordrichtung)

Mit dem Zeichenstift am Amateurfernrohr

Zeichnungen von Oberflächenformationen des Mondes von Ursula Sellger, am Refraktor 63/840 mit Zenitprisma (spiegelbildlich).



Abb. 2:
Beob.-Nr. 94 1965-11-04;
20.30 bis 21.00 MEZ
Vergr. 110fach, Luft: 1
Mondalter: 11^d
Auf eine nachträgliche Lage-orientierung wurde verzichtet, um den tatsächlichen Fernrohranblick bei Verwendung des dreikantigen Zenitprismas zu verdeutlichen. Vgl. dazu Ahnert, Kalender für Sternfreunde 1968, Seite 179 und Abb. 40—44.

Die scheinbare Bahn eines Sterns am Himmel ist nur von dessen Ort und Positionswinkel der Eigenbewegung abhängig, wird also mit entsprechender Genauigkeit durchlaufen. So findet die Konjunktion zeta Her/jeta UMa auf alle Fälle statt, aber möglicherweise einige tausend Jahre früher oder später. Die weitere Berechnung erfolgte unter Hinzunahme der relativ unsicheren Eigenbewegung, Radialgeschwindigkeit und Entfernung. Die Größen hierfür wurden der „Kleinen praktischen Astronomie“ entnommen, andere Kataloge ([2], [3] oder der Entfernungswert aus [4]) brachten aber kein wesentlich neues Ergebnis. Die größte Positionsabweichung ergaben [1] und [4] mit 8" zugunsten einer besseren Konstellation. Grundsätzlich betrachtet, bewegt sich zeta Herculis mit einer hohen scheinbaren Geschwindigkeit auf sein Entfernungsminimum zu. Gerade hier macht sich jede kleine Abweichung der Tabellenwerte von den tatsächlichen Größen (EB, RV und e) besonders bemerkbar. Mit großer Sicherheit kann aber gesagt werden: der Große Wagen wird in 100000 Jahren durch einen achten, hellen Stern bedeutend attraktiver als üblich dargestellt werden.

G. WERNER

Literatur:

[1] Ahnert „Kleine praktische Astronomie“, 1974. — [2] Ahnert „Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen“ 1961. — [3] Bečvar „Atlas Coeli II — Katalog 1950, 0“, 1964. — [4] Ahnert „Kalender für Sternfreunde 1967“.

Perseiden 1976

Nach den erfolgreichen Beobachtungen der vergangenen Jahre war eine Weiterführung für 1976 geplant. Die bereits 1975 begonnene Zusammenarbeit mit anderen Beobachtern wurde erweitert. Die Vorbereitungen begannen praktisch bereits im Februar mit ersten Absprachen des Programms. Für die Zeit vom 9. bis 15. 8. war folgender Plan vorgesehen: Berlin-Rahnsdorf (Urbanski): Fotografie (Basis mit Potsdam), Radiantbeobachtung.

Potsdam (Röllig, Tietz u. a.): Fotografie (Basis Berlin und Schmergow), Überwachung des Himmels (visuell).

Schmergow (Rendtel, J., Merbach, Wedel, Schult, Rendtel, A.): Fotografie (Basis Potsdam und Klehnwerder), Himmelsüberwachung (visuell), Beobachtung bis 23. 8.

Klehnwerder (Weitland, Jungst): Fotografie (Basis Schmergow).

Weiterhin beobachteten Sternfreunde in Radebeul (Görler, Pötschke, Richter) und in Rostock (Rusch, Kleffe).

Eine Fortführung dieser gemeinsamen Beobachtungsreihen ist vorgesehen.

J. RENDTEL

Meteoritätigkeit 9. bis 23. August 1976

Die Beobachtergruppe in Schmergow war noch bis zum 23. August aktiv. Der Grund war das Interesse an den Strömen, die während der Perseiden im „Rauschen“ untergehen bzw. erst danach erscheinen. Der bekannteste ist wohl der Cygnidenstrom, dessen flaches Maximum etwa am 19. 8. eintritt. Bakuln [1] gibt Maxima für Cepheiden (20. 8.), Camelopardaliden (20. 8.) und Aurigiden (30. 8.) an.

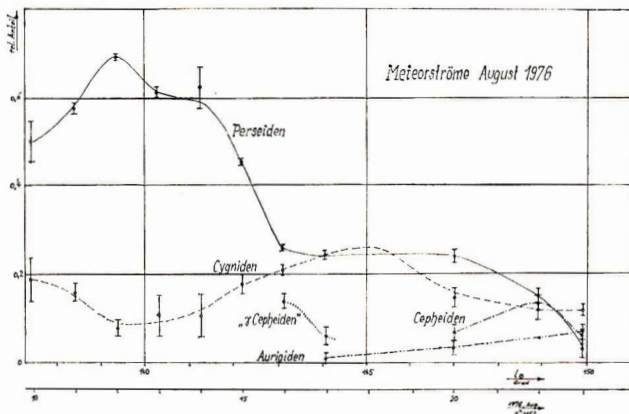
Die Lücken in den einzelnen Beobachtungsreihen lassen sich durch die Parallelbeobachtungen der Gruppen recht gut ausfüllen. Es sind dann allerdings für die Betrachtung der Aktivität keine Absolutwerte oder stündlichen Raten verwendbar (Anzahl der Beobachter, Licht, Wetter). Die Tab. 1 gibt den relativen Anteil der jeweiligen Strommeteore an. Vernachlässigt man die unsicheren Werte (mit ? gekennzeichnet), so kann für die Aktivität das Diagramm 1 gezeichnet werden. Hieraus lassen sich die Maxima der Perseiden (12. 8., $10^{\circ}139^{\circ}5$) und der Cygniden (18. 8., $10^{\circ}145^{\circ}$) ablesen.

Meteore dieser beiden Ströme wurden eindeutig und von allen Beobachtern identifiziert. Die anderen Ströme wurden dagegen nicht so sicher beobachtet, die Werte in der Tabelle sind also Mindestwerte. Die Zuordnung erfolgte dabei nur aufgrund der Angabe des Beobachters, nicht aus den eingetragenen Bahnen [2]. Das sichert eine recht gute Zuverlässigkeit auch noch in größerem Abstand vom Radianten (siehe unter Radiantenauswertung).

Camelopardaliden wurden kaum gefunden; auf eine Auswertung mußte verzichtet werden. Der Anteil der Aurigiden stieg ab 16./17. 8. stetig an und erreichte am 22./23. 8. — sieben Tage vor dem voraussichtlichen Maximum — bereits 7% der Meteoritätigkeit.

Tabelle 1: Aktivität der beobachteten Ströme

	Datum August											
	9/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	19/20	21/22	22/23
Perseiden												
Potsdam	0.52	0.60	0.66	0.66	0.66	0.45	0.28	—	—	—	—	—
Schmergow	0.25?	0.58	0.70	0.61	—	0.46	0.25	0.24	0.24	0.16	0.03	—
Rostock	—	0.38?	0.70	0.54	0.32?	—	—	—	—	—	—	—
Cygniden												
Potsdam	0.19	0.10	0.06	0.17	0.11	0.16	0.22	—	—	—	—	—
Schmergow	0?	0.23	0.10	0.06	—	0.23	0.20	0.24	0.17	0.12	0.12	—
Cepheiden												
Schmergow	—	—	—	—	—	—	—	—	0.07	0.13	0.06	—
Aurigiden												
Schmergow	—	—	—	—	—	—	—	0.013	0.034	0.06	0.07	—
γ-Cepheiden												
Schmergow	—	—	—	—	—	—	0.14	0.06	0.06	0.02	0.03	—



Während die Perseiden auch helle Meteore liefern, die ausgeprägte Nachleuchterscheinungen aufweisen, nimmt der Anteil der hellen Meteore danach ab (in den letzten drei Beobachtungsnächten tauchten nur noch zwei (!) Meteore heller als 0^m auf).

In der Nacht vom 15. zum 16. 8. tauchten ab 22 Uhr vereinzelt punktförmige Meteore und solche mit kurzen Bahnen nahe γ Cephei auf. In dieser Nacht machten sie 14 % der Aktivität aus! Allerdings sind die Werte der darauffolgenden Beobachtungen mit Vorsicht zu betrachten. Jeder weiß, wie leicht man durch eine „bekannte“ Tatsache voreingenommen sein kann. Man kann durch leichtes „Drehen“ der Bahnen einem Radianten zum Leben verhelfen. Trotzdem wäre aber eine Überprüfung recht interessant; allerdings wäre auch eine einmalige Durchquerung einer kleinen Wolke nicht ausgeschlossen. Bei der Auswertung der Bahneintragen, die von mehreren Beobachtern unabhängig vorgenommen wurden, waren Differenzen in Länge recht selten. Aber es traten Drehungen um große Beträge (auf bis 45°), wenn die Erscheinung am Rande des Sichtfeldes auftrat. Ursache könnte das ruckartige Zuwenden des Kopfes zu diesem Ort, verbunden mit einer gewissen Trägheit des Sehvorganges sein.

Aufgrund der bisher gewonnenen Erfahrungen bei den Meteorbeobachtungen können die im Vorjahr gemachten Aussagen [2] weiter präzisiert werden. Ein System für die Eintragungen wurde in Anlehnung an Zotkin [3] auf der Zusammenkunft der Meteorbeobachter im November 1976 verabredet. Die folgende Tabelle wird dabei zu einer Sternkarte verwendet, die ein Feld von etwa 60 × 60 Grad haben soll und nur die Sterne bis etwa +5^m enthält. Ob Verbindungslinien zur Kennzeichnung der Sternbilder enthalten sind, bleibt dem Beobachter überlassen [4].

Nr.	Zeit	Strom	Helligkeit	Geschwindigkeit	Dauer	Farbe	Nachleuchten und Bemerkungen	Sicherheit
1	22.30	Ori	+3	4	0,4	ge	...	2

Dazu befindet sich auf der Sternkarte ein Kopf, der Datum, Beobachter und die Beobachtungsbedingungen enthält. Die Nummer dient gleichzeitig der Markierung der Bahn. Zeitangabe auf ganze Minuten. Die (vermutete) Stromzugehörigkeit wird in der 3. Spalte durch die Abkürzung des Sternbildnamens gegeben (z. B. Ori = Orionid), sporadische werden mit S gekennzeichnet. Durch Schätzung ergibt sich die Helligkeit (ganze = angeben). Die (Winkel-)Geschwindigkeit wird in Stufen angegeben: 0 punktförmig – 1 sehr langsam – 2 langsam – 3 mittlere Geschwindigkeit – 4 schnell – 5 extrem schnell.

Die Dauer wird ebenfalls geschätzt. Anschließend wird die Farbe (als Abkürzung rt = rot, ge = gelb, usw.) eingetragen und weitere Angaben über die Erscheinung festgehalten. Die letzte Spalte soll eine Angabe der Sicherheit der Bahneintragung in den Stufen 1 sicher, 2 nur kleiner Richtungsfehler und 3 Richtung unsicher enthalten [4]. Dieses ist für eine eventuelle Radiantenbestimmung von Interesse, da man dafür möglichst nur Meteore der Stufe 1 verwendet.

Literatur:

[1] Bakulin, P., *Astronomičeskij kalendar* (russ.), Moskau, 1973. – [2] Rendtel, J., *Astronomie und Raumfahrt*, 1976/2, S. 51–54. – [3] Zotkin, I., *Nabljuden'ja meteorov* (russ.), Moskau, 1970. – [4] Hoffmeister, C., *Meteorströme*, Leipzig 1948.

J. RENDTEL

Die fotografischen Experimente

Trotz dreier Basisstrecken und längeren Zeitraumes konnte 1976 nur ein Meteor von Schmergow und Potsdam aus fotografiert werden. Die Auswertung war erheblich schwieriger als im Vorjahr [1], denn es handelte sich um eine lichtschwache Erscheinung (vier Beobachter schätzten unabhängig $+2^m$) und um ein sporadisches Meteor (Radiant $\alpha = 115^\circ$, $\delta = +46^\circ$). Ungünstig für die Rechnung war die Bahnlage. Infolge der Polnähe lassen sich die Koordinatenbestimmungen nicht sicher durchführen (Abb. 1).

Es wurde eine Anfangshöhe von 140 km ermittelt; der Endpunkt lag in etwa 54 km Höhe. Eine schematische Darstellung zeigt den Bahnverlauf (Abb. 2). Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt etwa 43 km/s^{-1} . Alle Angaben weisen einen etwa doppelt so großen Fehler auf, wie die des Vorjahres.

Literatur:

[1] Rendtel, J., Bestimmung von Höhe und Geschwindigkeit eines Meteors, Die Sterne, 52 (1976), S. 236–238.

H. URBANSKI

Abb. 1:
Verlauf der foto-
grafierten Meteor-
spuren.

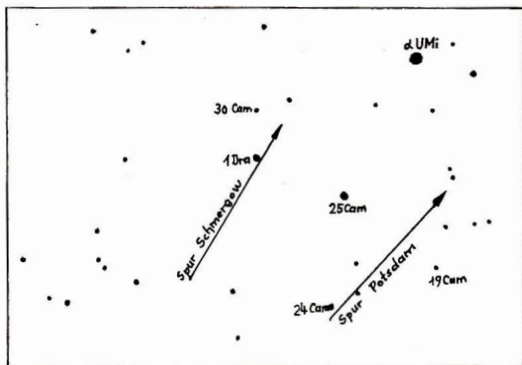
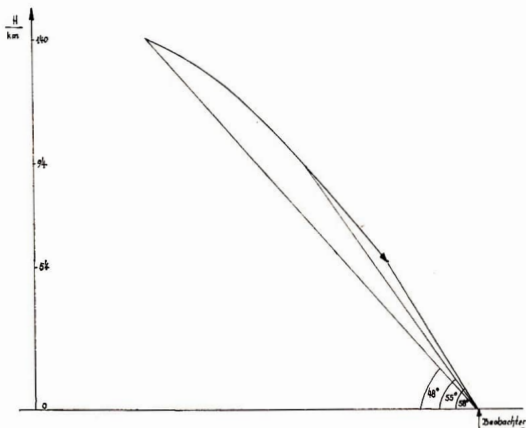
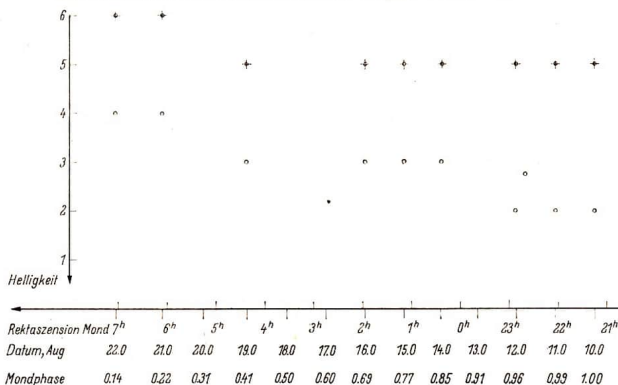


Abb. 2:
Schematische
Darstellung der
Meteorbahn vom
15. 8. 1976
(22^h43^m).



Verbesserung der Grenzhelligkeit (★) und des Maximums der Helligkeitsverteilung (○) mit dem Datum bzw. Zunahme der Rektaszension und in Abhängigkeit von der Mondphase

Abb. 1



Einfluß des Mondlichtes auf die Beobachtung der Perseiden 1976 in Schmergow

Eine Gruppe von sechs Beobachtern befand sich in der Zeit vom 9. bis zum 23. August 1976 in Schmergow. Die Beobachtung der Meteore des Perseidenstroms war besonders in der ersten Hälfte aller Beobachtungstage mit erheblichen Störungen verbunden. Der Vollmond stand am 10. August zwischen den Sternbildern Pegasus und Delphin, so daß die Beobachtung im Süden stark beeinträchtigt war. Die Aufgangszeit des Mondes verlagert sich von Tag zu Tag um rund 24 Minuten, trotzdem war der Mond fast ein Drittel der gesamten Beobachtungstage von 21.00 (Beginn der Beobachtungszeit) bis 03.00 (Ende der Beobachtungszeit) am Himmel. Diese Tatsache wirkte sich besonders auf den Süd- und Westbeobachter und später auch auf den Ostbeobachter aus. Das Maximum der Helligkeit der meisten Meteore und die Grenzhelligkeit der beobachteten Meteore lag beim Nord- und Ostbeobachter höher. Der Einfluß des Mondlichtes machte sich natürlich auch auf das gesamte Beobachtungsergebnis bemerkbar.

Inhalt der Abbildung 1 ist

1. die Verbesserung der Grenzhelligkeit und des Maximums der Helligkeit der meisten Meteore mit dem Datum bzw. auch mit der Zunahme der Rektaszension und
2. die Verbesserung der Helligkeit der meisten Meteore in Abhängigkeit von der Mondphase.

Verständlicherweise überlagern sich die beiden Effekte. Wir haben weiterhin festgestellt, daß es weitaus günstiger ist, wenn der Beobachter, der das Feld mit dem Mond beobachtet,

- a) den Mond am Rande seines Gesichtsfeldes hat und
- b) daß der Mond bei der Beobachtung abgedeckt wird, z. B. von einem Baum.

Man muß also als Beobachter eines solchen Feldes entsprechend seinen Platz im Gelände suchen. An einigen Tagen zogen teilweise auch Schichtwolken auf. Wir konnten dann beobachten, daß der ganze Himmel dadurch sehr stark erhellt wurde, so daß die Beobachtung nicht fortgesetzt werden konnte.

Weiterhin möchten wir auf einen weiteren Effekt hinweisen, der uns nicht erst bei der Beobachtung der Perseiden auffallen ist. Man betrachte die Himmelsgegend, z. B. zwischen den Ästen eines Baumes. Dabei kann man feststellen, daß man um die Äste einen Schleier wahrnimmt, der auf den Kontrastunterschied Baum und Himmel zurückzuführen ist. Diese Tatsache sollte man bei anderen Meteorbeobachtungen berücksichtigen. Man muß sich also ein Beobachtungsfeld aussuchen, das nicht sehr stark von Bäumen verdeckt wird. Abschließend können wir sagen, daß trotz Störungen durch das Mondlicht entsprechend gute Ergebnisse erreicht werden.

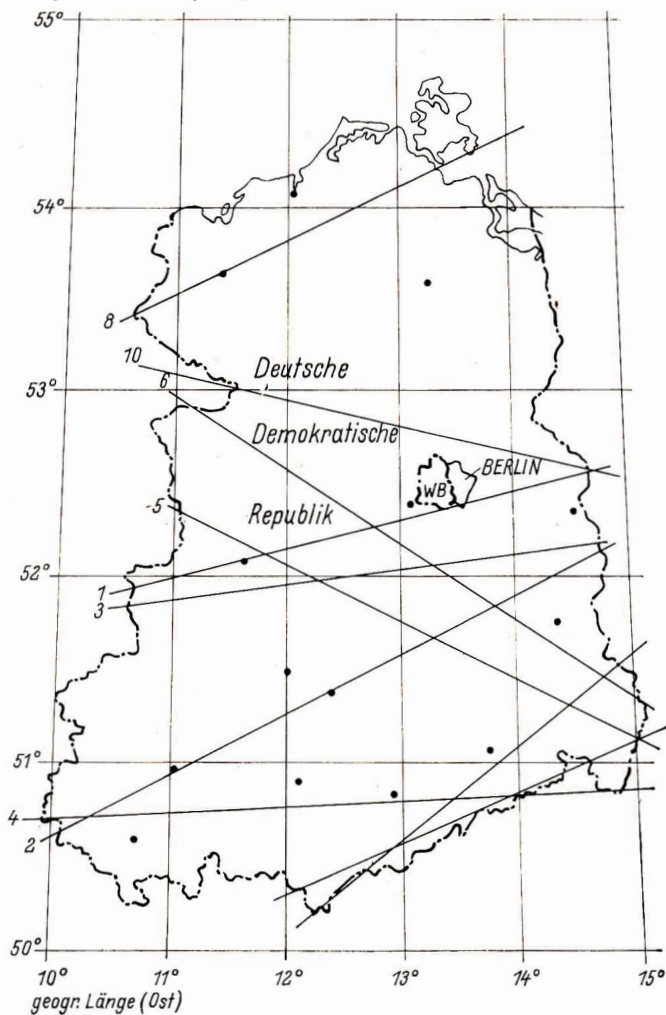
ARMIN WEDEL

Ephemeriden der streifenden Sternbedeckungen 1977

DIETMAR BÖHME

Die folgende Übersicht gibt die wichtigsten Daten zur Beobachtung der im Jahre 1977 in der DDR sichtbaren streifenden Sternbedeckungen. Die Berechnungen wurden durchgeführt von Herrn JEAN MEEUS, einem Mitarbeiter der Vereinigung für Sternkunde in Belgien. Er stellte sie uns dankenswerterweise zur Veröffentlichung in unserer Zeitschrift zur Verfügung.

Geografische Breite (Nord)



Bei dieser Art von Sternbedeckungen durch den Mond ist es möglich, von Beobachtungspunkten nahe der Zentrallinie ein vielfaches Bedecken und Wiedererscheinen des Sternes zu verfolgen. Diese einzelnen Kontakte sollten so genau als möglich, aber mindestens auf ± 0.15 ermittelt werden. Da die Ephemeriden eine gewisse Ungenauigkeit besitzen, ist in jedem Fall zu empfehlen, diese Bedeckungen auch von Orten aus zu beobachten, die von der Zentrallinie etwas abseits liegen.

Erhaltene Resultate, ob positiv oder negativ, möchten zur weiteren Verwertung an Herrn Dr. Paul Ahnert, Sonneberg, gesandt werden. Es ist in jedem Falle nötig, die exakten Koordinaten des Beobachtungsortes, in geogr. Länge und Breite auf $\pm 1''$ und in bezug auf die Höhe über NN auf ± 10 m, zu kennen. Es besteht die Möglichkeit, über Herrn Dr. Ahnert diese Daten zu erfahren. Interessenten an derartigen Beobachtungen sollten sich in jedem Falle mit ihm in Verbindung setzen.

In der ersten Reihe der Ephemeriden (I bis X) sind gegeben:

1. Datum
2. Nummer des Sternes im ZC (Zodiacal Catalog von Robertson)
3. Name des Sternes
4. Visuelle Helligkeit des Sternes
5. Die Zentrallinie ist die Nord- oder Südgrenze des Gebietes, in dem eine Bedeckung sichtbar ist.

Die Daten in den einzelnen Spalten haben folgende Bedeutung:

- l, b geographische Koordinaten der Bedeckungsgrenze (Zentrallinie); die Länge ist in Intervallen von 1 Grad und die Breite bis auf vier Stellen dezimal geteilt, gegeben.
- t Zeit der Bedeckung (MEZ) für die Zentrallinie
- h Höhe des Sternes über dem Horizont
- P Positionswinkel des Kontaktpunktes, gemessen vom Nordpunkt des Mondes (wie bei gewöhnlichen Sternbedeckungen)
- k beleuchteter Teil der Mondscheibe; das Zeichen + oder - danach gibt an, ob der beleuchtete Teil größer oder kleiner wird (z. B. $k = 0.81$ - gibt an, daß der beleuchtete Teil 81 % beträgt und abnimmt).

Die letzte Bemerkung gibt noch einen Anhalt darüber, ob die Bedeckung am hellen, bzw. am dunklen Rand oder am Terminator erfolgt. Kontakte am hellen Rand sind sehr schwierig zu beobachten.

I 02 Januar 1977		ZC 718 = 302	B. Tauri $m = 6^m 1$ Nord	
l	b	t min h	P	k
-10°	51°8209	20 ^h 59.6	54°	P = 353°
-11°	51°9940	21 ^h 01.1	54°	k = 0.93 + am dunklen Rand
-12°	52°1586	21 ^h 02.6	54°	
-13°	52°3148	21 ^h 04.2	54°	
-14°	52°4624	21 ^h 05.7	55°	
-15°	52°6017	21 ^h 07.2	55°	
II 29 Januar 1977		ZC 663 = +17°724	m = 6 ^m 9 Nord	
l	b	t min h	P	k
-10°	50°6087	17 ^h 13 ^m 9	42°	P = 169°
-11°	50°9461	17 ^h 15 ^m 4	43°	k = 0.72 + am Terminator
-12°	51°2758	17 ^h 17 ^m 1	44°	
-13°	51°5978	17 ^h 18 ^m 8	44°	
-14°	51°9118	17 ^h 20 ^m 4	45°	
-15°	52°2177	17 ^h 22 ^m 1	45°	
III 29 Januar 1977		ZC 663 = +17°724	m = 6 ^m 9 Nord	
l	b	t min h	P	k
-10°	51°8056	20 ^h 10 ^m 9	56°	P = 353°
-11°	51°8981	20 ^h 12 ^m 4	56°	k = 0.73 + am dunklen Rand
-12°	51°9822	20 ^h 13 ^m 9	56°	
-13°	52°0579	20 ^h 15 ^m 5	56°	
-14°	52°1253	20 ^h 17 ^m 0	56°	
-15°	52°1845	20 ^h 18 ^m 5	56°	
IV 31 Januar 1977		ZC 934 = +18°1112	m = 6 ^m 4 Süd	
l	b	t min h	P	k
-10°	50°6790	20 ^h 26 ^m 3	54°	P = 182°
-11°	50°7322	20 ^h 28 ^m 0	54°	k = 0.89 + am hellen Rand
-12°	50°7772	20 ^h 29 ^m 8	55°	
-13°	50°8139	20 ^h 31 ^m 5	55°	
-14°	50°8422	20 ^h 33 ^m 3	55°	
-15°	50°8621	20 ^h 35 ^m 0	56°	

V	10 Februar 1977		ZC 2053 = Lambda Virginis		m = 4 ^m 6 Nord P = 20° k = 0,63 am hellen Rand
	l	b	t	min h	
	-10°	52°6756	01 ^h 04 ^m 1	5°	
	-11°	52°3824	01 ^h 04 ^m 2	5°	
	-12°	52°0834	01 ^h 04 ^m 3	6°	
	-13°	51°7783	01 ^h 04 ^m 4	7°	
	-14°	51°4672	01 ^h 04 ^m 6	7°	
	-15°	51°1500	01 ^h 04 ^m 8	8°	
VI	28 März 1977		ZC 1106 = Lambda Geminorum		m = 3 ^m 6 Nord P = 14° k = 0,59 + am dunklen Rand
	l	b	t	min h	
	-10°	53°3365	22 ^h 08 ^m 3	40°	
	-11°	52°9535	22 ^h 09 ^m 8	39°	
	-12°	52°5636	22 ^h 11 ^m 3	39°	
	-13°	52°1670	22 ^h 12 ^m 8	38°	
	-14°	51°7641	22 ^h 14 ^m 3	38°	
	-15°	51°3552	22 ^h 15 ^m 7	37°	
VII	09 Juni 1977		ZC 3474 = 14 Piscium		m = 6 ^m 0 Süd P = 159° k = 0,46 - am dunklen Rand
	l	b	t	min h	
	-10°	49°8486	02 ^h 13 ^m 5	13°	
	-11°	50°0735	02 ^h 14 ^m 4	14°	
	-12°	50°3150	02 ^h 15 ^m 3	14°	
	-13°	50°5734	02 ^h 16 ^m 2	15°	
	-14°	50°8493	02 ^h 17 ^m 2	16°	
	-15°	51°1428	02 ^h 18 ^m 3	16°	
VIII	31. Oktober 1977		ZC 944 = 124 Hl. Orionis		m = 5 ^m 7 Nord P = 357° k = 0,80 - am dunklen Rand
	l	b	t	min h	
	-10°	53°2080	23 ^h 00 ^m 3	24°	
	-11°	53°5114	23 ^h 01 ^m 1	25°	
	-12°	53°8102	23 ^h 02 ^m 0	26°	
	-13°	54°1042	23 ^h 02 ^m 9	26°	
	-14°	54°3933	23 ^h 03 ^m 7	27°	
IX	22 November 1977		ZC 257 = Omikron Piscium		m = 4 ^m 5 Nord P = 338° k = 0,92 + am Terminator
	l	b	t	min h	
	-12°	50°0862	18 ^h 48 ^m 8	35°	
	-13°	50°6096	18 ^h 50 ^m 6	35°	
	-14°	51°1827	18 ^h 52 ^m 5	35°	
	-15°	51°6545	18 ^h 54 ^m 4	36°	
X	20 Dezember 1977		ZC 257 = Omikron Piscium		m = 4 ^m 5 Nord P = 347° k = 0,75 + am dunklen Rand
	l	b	t	min h	
	-10°	53°1967	02 ^h 18 ^m 9	6°	
	-11°	53°0665	02 ^h 19 ^m 0	5°	
	-12°	52°9324	02 ^h 19 ^m 1	5°	
	-13°	52°7944	02 ^h 19 ^m 2	4°	
	-14°	52°6528	02 ^h 19 ^m 2	3°	
	-15°	52°5073	02 ^h 19 ^m 3	3°	

Der Bau von Frequenzwandlern

Ing. MANFRED NEUBERT

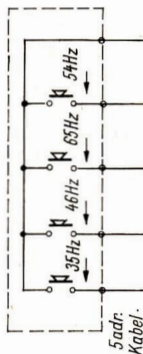
Trotz Existenz von Schrittmotoren und Gleichstrommotoren mit Tachogenerator werden wohl auch heute noch vom Amateur überwiegend Synchronmotoren (z. B. Synchron-Kleinstgetriebemotor Nr. 1374 vom VEB Elektromotorenwerk Hartha) für die Nachführung des Fernrohrs in Stunde eingesetzt.

Ihr Vorteil: Niedriger Preis, Drehzahl von Spannungsschwankungen und Belastungsschwankungen unabhängig, Drehzahl streng frequenzproportional.

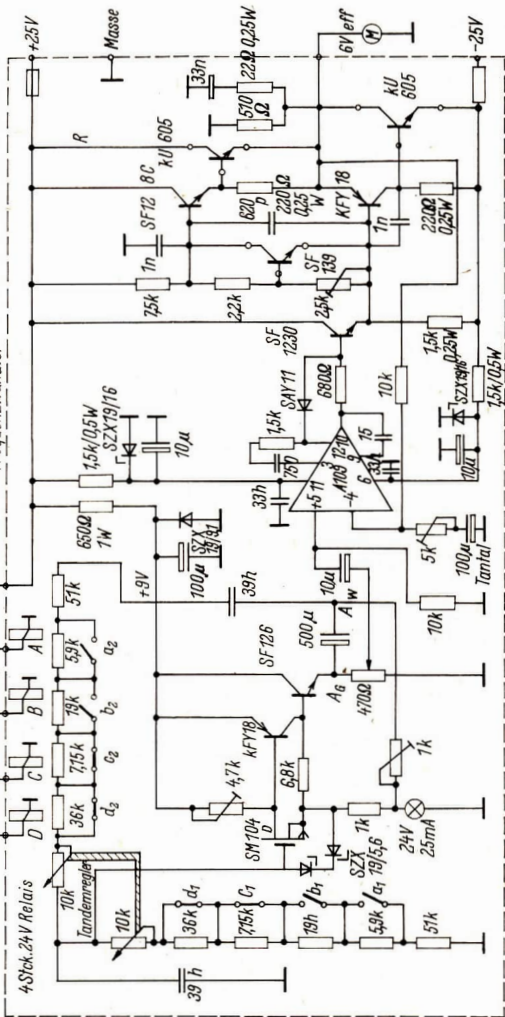
Ihre Vorteile kommen aber erst dann voll zum Tragen, wenn genau definierte Frequenzen mit hoher Konstanz einstellbar sind. Dies kann mit einem Frequenzwandler geschehen. Es werden deshalb im folgenden zwei Frequenzwandler beschrieben, die für den Nachbau empfohlen werden.

Kühlung:
 SF 128C (komplementär) } jeweils Kühlstern
 KFY 18 Treiber } G-TGL 200-8420
 KU 605 Endtransistoren → Kühlprofile nach
 TGL 26 151 auf je 10 Watt auslegen
 SF 137 in thermischer Kopplung mit den KU 605

Okularkästchen
 (Tasten)
 keine Taste gedrückt
 50Hz bei Tandemregler-
 Mittenstellung



Frequenzwandler



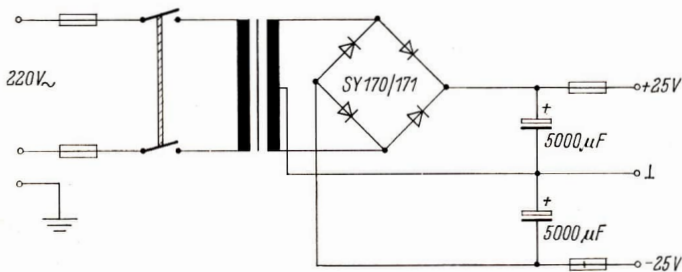


Abb. 3: Prinzipskizze Netzteil für Frequenzwandler (nach Abb. 2).

Beide Frequenzwandler besitzen einen Tandemschichtdrehwiderstand zur Frequenzfeineinstellung. Sie sind ohne weiteres in „Sternzeit“ bzw. „Sonnenzeit“, eichbar (bei Tandemreglermittenstellung etwa 50 Hz). Durch die Tasten kann die jeweilige Nachführungsfrequenz auf 40 Hz und 60 Hz (Abb. 1) bzw. 35 Hz, 46 Hz, 54 Hz und 65 Hz (Bild 2) umgetastet werden, so daß eine Nachführungs-korrektur möglich ist. Eine mechanische Nachführungskorrektur mittels Rutschkupplung, Differentialgetriebe bzw. Planetengetriebe entfällt damit.

Der Frequenzwandler nach Abb. 2 läßt durch die 4 Tasten eine besondere feine Nachführungs-korrektur zu (langsamer – grob, fein – schneller – grob, fein).

Die Umastung geschieht über Relais. Vorteil: Das Kabel zum Okularkästchen kann praktisch beliebig lang sein.

In Abb. 1 handelt es sich um einen astabilen Multivibrator als Frequenzgenerator, dem zur Versteile-rung der Flanken und zur Verstärkung ein bistabiler Multivibrator nachgeschaltet ist, der die End-stufen ansteuert. Durch die Stabilisierung der Betriebsspannung für den astabilen Multivibrator ist die Frequenzkonstanz recht gut. Auf eine Nachführungskorrektur bei Astro-Aufnahmen mittels der Tasten kann aber im allgemeinen nicht verzichtet werden. Als Spannungsquelle eignet sich ein 12 V-Akku bzw. ein entsprechendes Netzteil. Gegenüber [1] sind durch Verwendung von 12 V als Betriebs-spannung die Anforderungen an die KU 605 bezüglich Stromverstärkung weitaus geringer. Es können Synchronmotoren für 220 V~ bis 20 W angeschlossen werden (z. B. obiger Hartha-Motor). Die Ausgangsspannung des Frequenzwandlers ist rechteckförmig.

Trafodaten: P: 2×130 Wdg. $\varnothing$ 0,8 CuL

Lagenisolation Lackpapier 0,1 gefiedert

S: 2720 Wdg. $\varnothing$ 0,2 CuL

Lagenisolation Lackpapier 0,03 gefiedert

Grund-, Zwischen- und Deckisolation Lackgewebe 0,1 je $2 \times$

Alle nicht besonders gekennzeichneten Widerstände sind $\frac{1}{8}$ Watt.

Bei Abb. 2 handelt es sich um einen Wien-Brücken-Generator (Sinus-Generator), dem eine NF-End-stufe mit Operationsverstärker (A 109) nachgeschaltet ist.

Der Wien-Brücken-Generator besitzt am Eingang einen Feldeffekttransistor, der die Wien-Brücke, bestehend aus den 39 nF Kondensatoren und den Widerständen im „Relaiskreis“, praktisch nicht be-lastet. Die Frequenzkonstanz ist dadurch nur von der Konstanz dieser Kondensatoren und Wider-stände abhängig und läßt sich sehr hoch treiben. Folgende Bauelemente sollten dafür verwendet werden:

Kf-Kondensator 39000/1/63 TGL 200-8427, Widerstände 51 kOhm, 5,9 kOhm und 19 kOhm mit TK = 100; also Bauelemente mit kleinen Temperaturkoeffizienten und hoher Langzeitkonstanz.

Der Tandemregler geht nur geringfügig ein, da $51 \text{ kOhm} + 5,9 \text{ kOhm} + 19 \text{ kOhm} \gg 5 \text{ kOhm}$ (Mittenwiderstand des Tandemreglers).

Die Widerstände 7,15 kOhm und 36 kOhm sind unkritisch, da sie nur während der Nachführungs-korrektur wirken.

Da $75,9 \text{ kOhm} \gg 5 \text{ kOhm}$, besitzt der Tandemregler außerdem eine ausgesprochene Feineinstellung, so daß „Sternzeit“ bzw. „Sonnenzeit“ mit hoher reproduzierbarer Genauigkeit einstellbar sind.

Durch geeignete Wahl der Bauelemente für die Wien-Brücke (Temperaturkoeffizient klein und hohe Langzeitkonstanz) ergibt sich also eine sehr hohe Frequenzkonstanz für die jeweilige eingestellte Frequenz.

Bei einwandfreier Justage der Montierung bezüglich Polhöhe und Meridian sowie hoher mechanischer Qualität der Montierung, insbesondere des Schneckenrades und der Schnecke für den Antrieb in Stunde, kommt man bei Astro-Kameras kleiner bis mittlerer Brennweite bei Höhen $>$ etwa 40° ohne Nachführungskorrektur aus.

Bei Aufnahmen mit großen Brennweiten sind die Anforderungen an Justage und mechanische Qualität der Montierung wesentlich größer. Bekanntlich bleibt bei der Justage der Montierung bezüglich Polhöhe und Meridian immer ein Restfehler und auch Schneckenrad und Schnecke lassen sich nicht beliebig genau herstellen. Auch ist bei großen Brennweiten auch bei Aufnahmen in Höhen $<$ etwa 40° die Refraktion nicht mehr zu vernachlässigen. Mit einem Wort, hier muß die Nachführung korrigiert werden.

Durch die Verwendung des integrierten Operationsverstärkers A 109 ergeben sich folgende Vorteile, da infolge hoher Leerlaufverstärkung die Gegenkopplung sehr hoch getrieben werden konnte:

1. Für SF 128 C und KFY 18 (Komplementär-Treiber) sowie den beiden KU 605 brauchen keine gepaarten Transistoren eingesetzt werden.
2. Die gesamte HF-Endstufe ist gegenüber Betriebsspannungsschwankungen weitgehend unempfindlich.

Aus 2. resultiert ein recht einfaches Netzteil nach Abb. 3. Es ist also keine Stabilisierung nötig. Auch erübrigt sich eine Verringerung der Restwelligkeit.

Die Ausgangsspannung des Frequenzwandlers ist sinusförmig und deshalb ideal für Synchronmotoren geeignet (sie entwickelt damit ihr volles Drehmoment). Es sind auch hier 20 Watt entnehmbar. Zugrundegelegt wurde ein 6 V Synchronmotor. Da ein solcher nicht zur Verfügung stand, wurde der Synchron-Kleinstgetriebemotor Nr. 1374.1 von Hartha umgewickelt. Nachstehend die Wickeldaten: Kernisolation $2 \times$ Lackgewebe 0,1, 220 Wdg. $\varnothing$ 0,8 CuL ohne Lagenisolation, Deckisolation $2 \times$ Lackgewebe 0,1.

Alle in Abb. 2 nicht besonders gekennzeichneten Widerstände sind $1/8$ Watt.

Inbetriebnahme des Wandlers nach Abb. 2:

Tandemregler in Mittenstellung — 4,7 kOhm-Regler auf Kleinstwert — 1 kOhm-Regler auf Höchstwert — 470 Ohm-Regler auf „Masse“ gedreht — 5 kOhm-Regler auf Höchstwert — 2,5 kOhm-Regler auf Höchstwert — Rückkopplungsleitung „r“ getrennt.

Motor anschließen und Betriebsspannungen einschalten. Mit 4,7 kOhm-Regler am Punkt „A_G“ etwa $+ 5$ V Gleichspannung gegen Masse einstellen. Rückkopplungsleitung „r“ wieder schließen und an Punkt „A_w“ Oszillographen gegen Masse anlegen. Mit 1 kOhm-Regler am Punkt „A_w“ einwandfreien „Sinus“ einstellen bei etwa 4 V_{ss}. Leitung „R“ trennen und mA-Meter zwischenschalten. Mit dem 2,5 kOhm-Regler etwa 30 mA Ruhestrom einstellen. Leitung „R“ wieder schließen. Parallel zum Motor Voltmeter anschließen (möglichst Effektivwertmesser, Weicheiseninstrument) und mit 470 Ohm-Regler sowie 5 kOhm-Regler 6 V_{eff} einstellen.

Literatur:

- [1] Gewecke: Elektrischer Fernrohrantrieb über Wechselrichter. Sterne und Weltraum 1964, H. 2, S. 44.
- [2] Müller: Der Bau von Frequenzgeneratoren für das Fernrohr des Sternfreundes in Staus/Fernrohrmontierungen und ihre Schutzbauten für Sternfreunde, Uni-Druck, München, 3. Auflage, 1971.
- [3] Jünger: 25 Watt — HiFi-Endstufe mit integrierten Operationsverstärker. Radio fernsehen elektronik 1975, H. 3, S. 592.

Rohrmontierung Zeiss-Cassegrain 150/900/2250 in Behälter mit Sonnenfilter, Sucherfernrohr und Autohafter, neuwertig, zu 80 % des Neupreises = 1700,— M, und Refraktor 80/1200 mit Gabelmontierung und schwerem Holzstativ für 900,— M verkauft

J. Mosch, 825 Meißen, Gartenstraße 16.

Suche Amateurfernrohr 80/840, Firma Carl Zeiss Jena, komplett oder auch nur Rohrmontierung.
G. Lhotzky, 25 Rostock, Leninallee 100 c.

Leserbrief

Unser Leser Stefan v. Havranek (Dresden) schreibt uns zum Thema

Bermuda-Dreieck:

In der Zeitschrift „Horizont“ wurde ein Artikel aus der „Prawda“ über das „Bermuda-Dreieck“ veröffentlicht, der von anderen Zeitungen übernommen wurde. Mir ist der Beitrag aus „Die Union“ Dresden bekannt. Neben einigen Fakten sind im Artikel leider recht unqualifizierte Deutungsversuche, z. B. wird die hypothetische Antimaterie mit Gravitation durcheinander gebracht. Weiter werden Raum-Zeit-Beziehungen verschwommen oder im Science-Fiction-Stil dargestellt.

Wenn man von den dargestellten Fakten ausgeht, kann man die geschilderten Vorgänge vielleicht astrophysikalisch auffassen, die Erde als Planet betreffend. So ist es immerhin auffallend, daß sich das „Bermuda-Dreieck“ und das „Meer des Teufels“ nahezu gegenüber liegen (allerdings geht die gedachte Verbindungslinie nicht genau durch den Erdmittelpunkt) und beide Zentren in der Nähe des 25. Breitengrades liegen.

Man kann vielleicht auch nach historischen Berichten oder alten Legenden und Märchen forschen. Da scheint mir die Sage vom Magnetberg, der Schiffe anzieht und nicht wieder losläßt, es sei denn, es sind ausschließlich hölzerne, ein Hinweis zu sein. Oder eine Schilderung in der sechsten Reise Sindbads des Seefahrers: „Wir haben den Weg verfehlt und das Schicksal hat uns an einen Ort getrieben, von welchem noch niemand entkommen ist... Es gelang aber nicht, das Schiff abzulenken... Bald darauf wehte uns ein Wind entgegen, das Schiff drehte sich dreimal im Kreise herum, stieß dann zweimal gegen einen Berg und wurde zerschmettert.“

Schließlich kann man noch anführen, daß in der Nähe des „Bermuda-Dreiecks“ das Sargasso-Meer ist, was der Wissenschaft auch manches Rätsel aufgibt (ebenfalls 25. Breitengrad).

Neue Hypothese

Die irdnächste Stellung des Mondes (Perigäum) und sich daraus ergebende Prozesse sind möglicherweise die Ursache für das rätselhafte Verschwinden von Schiffen und Flugzeugen im Atlantik im Bereich des sogenannten Bermuda-Dreiecks (Gebiet zwischen den Bermudas, Florida und der Insel Puerto Rico). Diese Hypothese äußerte jetzt der sowjetische Wissenschaftler Dr. A. I. Jelkin, Lehrstuhlleiter am Moskauer Institut für Ingenieurbau. Wie aus einem Bericht der Zeitung „Iswestija“ hervorgeht, liegt der Hypothese die exakte Auswertung aller rätselhaften Flugzeugkatastrophen in diesem Gebiet zugrunde, die nach Angaben des Experten eine gewisse Gesetzmäßigkeit aufweisen: Alle diese Unglücksfälle ereigneten sich zu Zeiten von Neu- oder bei Vollmond und irdnächster Stellung des Mondes, aber auch zu Zeitpunkten, wo die sogenannten Präzisionskräfte ihre maximale Wirkungskraft besitzen. Das betrifft die Monate Dezember und Juni.

Auf der Grundlage dieser Gesetzmäßigkeit können nach Meinung von Dr. Jelkin die Zeitpunkte im Bermuda-Dreieck wie auch in anderen „Teufelsdreiecken“ bestimmt werden, wann durch bestimmte Konstellationen von Erde, Mond und Sonne unter dem Meeresboden eine Bewegung des ionisierten Magmas hervorgerufen wird, die wiederum Magnetanomalien erzeugt. Unter den so entstehenden Bedingungen könnten Kompass, Uhren oder elektronische Geräte an Bord von Schiffen und Flugzeugen den Dienst versagen, was möglicherweise eine der Ursachen der Katastrophen darstellt. Laut Berechnungen des Wissenschaftlers könnte zwischen 20. Dezember dieses und 18. Januar nächsten Jahres in den Teufelsdreiecken wieder Gefahr für Schiffe und Flugzeuge bestehen.

BZ 11./12. 12. 1976

Mythen und Fakten

Der in horizont Nr. 34/76 auf Seite 23 veröffentlichte Beitrag über das Bermuda-Dreieck hat ein lebhaftes Echo unter den Lesern ausgelöst. Viele Leser wandten sich mit Zuschriften an die Redaktion von horizont, um weitere Informationen zu erhalten. Die Redaktion hat diese Fragen dem sowjetischen Autor D. Eidelmann in Leningrad zugeleitet. In Ausgabe Nr. 2/77 kommt horizont auf das Thema Bermuda-Dreieck zurück. Es werden verschiedene Materialien veröffentlicht, die sich mit dem „Geheimnis“ befassen.

BZ 30. 12. 76

Unser Leser Erich Litzroth (Erfurt) übermittelte uns einige Bemerkungen zur traditionellen Kosmogonie mit dem Thema

Haben sich die Himmelskörper zusammengeballt oder geteilt?

Die großartigen Leistungen der Astrophysik und Astronautik der letzten Jahrzehnte haben zu einer Flut interessanter Entdeckungen und Verallgemeinerungen geführt, die große Anerkennung verdienen. Durch die umfassenden Informationsmöglichkeiten im Sozialismus können sich immer mehr interessierte Menschen ernsthaft mit kosmogonischen Theorien beschäftigen. Aus der Sicht eines Amateur-Astronomen seien mir einige kritische Bemerkungen gestattet, die eine kosmogonische Grundhypothese betreffen, die in fast allen Veröffentlichungen noch immer als die einzig wissenschaftliche hingestellt wird. Es ist die These von der Kondensation, Fusion und Accretion eines Gas-Staub-Nebels zur Bildung von Himmelskörpern – hier einfach „Zusammenballungstheorie“ genannt.

1.

Die zur Erklärung der merkwürdigen Planetenabstände oft herangezogene Reihe von Titius-Bode versagt in exakter Form nicht nur für die Planeten Merkur, Neptun und Pluto, sondern darüber hinaus für alle Mondsysteme. Was noch gravierender ist: Die Reihe fand bisher keine physikalische Begründung, denn auch die neuerlichen Computerrechnungen, die auf Störungsminimierung beruhen, haben keine bestätigenden Werte ergeben. Die Zusammenballungstheorie, die das Planetensystem isoliert und nicht im Zusammenhang mit den Mond- oder gar Sternsystemen betrachtet, „erklärt“ deshalb die Grundgliederung der Systeme nach wie vor mit zufälligen Verdichtungen im Urnebel.

Ein plausibles Gliederungsprinzip, das auf Halbirungskaskaden beruht, wurde erst 1975 entdeckt. Es ergibt für alle Systeme eine 99%ige Genauigkeit und führt in seiner Konsequenz auf einen neuen Weg der Kosmogonie. Dieses Prinzip fußt auf dem Impulsgesetz, dem Grundgesetz kosmischer Bewegungsveränderungen und betrachtet deshalb die Entstehung der Geschwindigkeitsunterschiede von sich allmählich auflösenden Doppelsystemen.

2.

Ungefähr die Hälfte aller Sterne und die meisten Galaxien und Galaxienhaufen bilden Doppel- oder Mehrfachsysteme mit überwiegend dem Massenverhältnis von ungefähr 1:1 oder 1:1/2... (z. B. Mehrfachstern O2-Eri: Komponente A = 0,9; B = 0,43; C = 0,22 Sonnenmasse). Zu dieser fundamentalen Erscheinung, die jeden Zufall ausschließt, schweigt sich die Zusammenballungstheorie beharrlich aus, da sie die wahrscheinlichste Herleitung aus Teilungsprozessen von jeher ablehnte – einmal aus energetischen Gründen und zum anderen wegen der kosmologischen Konsequenz eines riesigen Urkörpers. Diese Bedenken werden jedoch durch die Schlußfolgerungen aus der Galaxienflucht und der Superphysik der Quasare und Pulsare entkräftet.

Die mit kleinerer kosmischer Größenordnung abnehmende Häufigkeit der dualen Gliederung läßt vermuten, daß

kleinere Objekte nach der Teilung noch andersartige Masseverluste erlitten haben, so daß die ursprünglichen Verhältnisse in Satellitensystemen kaum noch zu erwarten sind. Trotzdem gibt es z. B. noch eine Anzahl Planetoidenpaare, deren übereinstimmende Bahnparameter auf ihre ursprüngliche Zusammengehörigkeit hinweisen.

3. Die der Zusammenballungstheorie öfter zu Grunde gelegte Analogie Spiralnebel-Sonnennebel ist irreführend. Spiralnebel sind riesige Anhäufungen von Sternen mit geringem Prozentsatz interstellärer Materie. Von den vielen wirklichen Gas-Staub-Nebeln hat man bisher nicht einen einzigen gefunden, der sich zusammenballt, sondern fast alle expandieren oder sind Ergebnis von nachweisbaren Eruptionen mit zum Teil sichtbaren Sternresten. So war auch zu erwarten, daß die Quasare, die uns den frühesten Zustand kosmischer Gebilde zeigen, keine diffusen Nebel, sondern ganz „unwahrscheinlich“ kompakte Körper von Galaxienmasse sind.

4. Die neuerdings postulierte Stabilisierung der „Gasflüssigkeitskörper“ durch Satelliten soll im rotationschnellen und heißen O-F-Sternstadium der Sonne durch magnetischen Drehimpuls-Transport ionisierter Gase vonstatten gegangen sein. Damit hofft man den Drehimpuls-Widerspruch zu beseitigen. Eine Zusammenballung der Gase im differenzierenden Gravitationsfeld der Sonne und bei der vorausgesetzten Temperatur wird stark bezweifelt; außerdem versagt diese „Erklärung“ für die Mondsysteme. Die Zusammenballungstheorie geht von der Annahme eines konstanten Drehimpulses während der Entwicklung eines Sternsystems aus, der durch die vermutete thermokernäre Energieerzeugung nicht beeinflusst wird. Der fehlende Neutrinostrom der Sonne stellt diese Konzeption in Frage.

Zum erstenmal bei Sternen konnten kontinuierliche und ruckweise Rotationsverlangsamungen bei den Pulsaren festgestellt werden, die als Formänderungsprozesse mit großer Energiedissipation gedeutet werden. Geht man von einer dialektischen Betrachtung der Naturgesetze aus, so wäre eine noch unbekannte Materieform und eine mit elektrisch-magnetischen Erscheinungen gekoppelte Energieerzeugung anzunehmen, die folgende Wirkung zeigt:

- Rotationsbeschleunigung und Erhitzung
- Instabilität der Hülle
- Halbierungsprozeß des Kerns mit Eruptionen und Rotationsbremsung
- allmähliche Abstandserweiterung des Doppelsternsystems über gezeitenähnliche Drehimpuls-Transformation, die wieder zur Stabilisierung der Körper führt
- Auflösung des Doppelsternsystems im differentiellen Zentralfeld
- Wiederholung des ganzen Vorgangs bei entsprechenden Energiebedingungen.

5. Die moderne Zusammenballungstheorie ist in Verbindung mit der Sternentwicklungstheorie unter Berücksichtigung des Hertzsprung-Russell-Diagramms entwickelt worden. Neben manchen Widersprüchen ist besonders die Masse-Alters-Diskrepanz bei Doppelsternen beachtenswert: die größere Komponente ist entgegen der Theorie im jüngeren Zustand. Diese Diskrepanz möchte die Zusammenballungstheorie durch die absurde Annahme eines Hin- und Hertransports riesiger Massen von einer Komponente zur anderen beseitigen.

Die Diagramme der Sternhaufen lassen nur eine Erklärung zu: Jeweils die massereichsten Objekte eines Haufens werden zu roten Riesen und teilen sich nach instabilen Zuständen zu Doppel- oder Mehrfachsystemen, die sich allmählich auflösen. Betrifft die fällige Teilung eine Komponente eines Doppelsterns, so entstehen aus ihr kleinere Teilkomponenten, die einem fortgeschrittenem Sternstyp angehören können als die noch nicht geteilte Komponente. So sind von den 5 weißen Zwergen der gut erforschten

Sonnenumgebung 4 die kleineren Komponenten von Mehrfachsternen.

6. Die Erdmondentstehung wird meist isoliert von den Verhältnissen der übrigen Mondsysteme betrachtet. Die ganzheitliche Betrachtungsweise relevanter Erscheinungen ist eine elementare Forderung wissenschaftlicher Arbeit. Wenn man als wichtigstes Merkmal die Dichteunterschiede Erde (q 5,5) — Mond (q 3,3) durch die verschiedene Bahnlage im „Sonnennebel“ erklären will, so muß man auch den wesentlichen Unterschied von Jupiter (q 1,3), seinen Monden Io und Europa (q 3) oder von den meisten Planetoiden (q 3—8) sowie ihren Bahnebenen erklären können, die keineswegs der obigen Theorie entsprechen.

Das gleiche Alter des Mond-, Erd- und Meteorgesteins spricht für eine gleichzeitige Entstehung von Kontinentalformationen, doch nach der Zusammenballungstheorie hätte man einen Zeitunterschied entsprechend der Größe der Körper erwarten müssen. Schon die vom sowjetischen Raumschiff Luna 3 stammenden Bilder von der Rückseite des Mondes zeigten einen riesigen Urkontinent. Durch diese sensationelle Entdeckung erweist sich das von der Zusammenballungstheorie als mondbildend angesehene meteoritische Bombardement als sekundäre Erscheinung. Außer Erde, Mars und Mond hatten scheinbar auch noch andere Satelliten eine dale Gilderung ihrer Oberfläche mit einem Urkontinent als Fragmentationsrelikt.

7. Die Zusammenballungstheorie hat deshalb so viele Anhänger, weil es nach der klassischen Physik nicht möglich ist, die zu einer Fortschleuderung kosmischer Massen (z. B. von Erde und Mond) erforderliche Energie und die Entstehung kreisförmiger Bahnen nachzuweisen. Zudem würde ein Körper dabei in Tausende Stücke zerspringen.

Meine hier dargelegten Gedanken gehen jedoch im Gegensatz zur Bjurakaner explosiven Fragmentationstheorie davon aus, daß nach der revolutionären Halbierung ein evolutionärer Prozeß der sukzessiven Abstandserweiterung innerhalb eines Doppelsternsystems durch rotative Energiedissipation stattfindet. Ihre Wirkung wird auch durch die rückläufige erdgebundene Rotation der Venus bestätigt, eine der wichtigsten Entdeckungen im Sonnensystem, die von den Vertretern der Zusammenballungstheorie ebenfalls nicht erklärt wird.

Kurzberichte

Meteoritenregen im Nordosten der VR China

Am 8. März 1976 ereignete sich in der Umgebung der Stadt Kirin in Nordostchina ein Meteoritenregen. Verteilt über eine Fläche von etwa 500 km² gingen zahlreiche Bruchstücke eines Olivin-Bronzit-Chondriten nieder. Die gleißend helle Feuerkugel explodierte um 15^h01^m59^s. Das letzte Bruchstück schlug 37 s nach der Explosion in der Luft am Boden ein und bohrte sich durch eine 1,7 m dicke Frostschicht 6,5 m tief in die Erde.

Insgesamt wurden von diesem Meteoriten mehr als 100 Stücke geborgen, darunter drei Stücke von mehr als 100 kg. Das größte Stück stellt mit 1,77 t einen Rekord auf, denn der größte bisher gefundene Steinmeteorit ist rund 700 kg leichter. Die kleinsten gefundenen Meteorite liegen bei diesem ergiebigen Fall unter 500 g. Bei dem Niedergang entstand nicht einmal Sachschaden.

Der letzte große Meteoritenfall, bei dem gleichfalls mehr als eine Tonne Material gesammelt wurde, ereignete sich im Februar 1969 nahe dem Dorf Allende in Mexiko. Bei dem Allende-Meteoriten handelte es sich um einen kohligten Chondrit mit einigen mineralogischen Besonderheiten, die interessante Einblicke in die chemischen Verhältnisse des Sonnennebels gewährten.

Dr. J. DORSCHNER

Ein Bürgel-Fund

Eine Veröffentlichung Bruno H. Bürgels unter dem Titel „Altes und Neues über den Planeten Mars“ wurde in der staatlichen Lenin-Bibliothek in Moskau gefunden und für die Potsdamer Gedenkstätte des Arbeiter-Astronomen und Schriftstellers fotokopiert. Der eiselte Artikel gilt als erste publizistische Arbeit Bürgels. Er hatte ihn als zweiundzwanzigjähriger Mitarbeiter der Berliner Urania-Sternwarte verfaßt. Mit fünf Abbildungen der Marsoberfläche illustriert, erschien der Beitrag 1897 in einer Petersburger literarisch-naturwissenschaftlichen Monatszeitschrift, von S. N. Schurawskaja ins Russische übersetzt.

ND 29./30. 1. 76

Staatspreisträger 1976 der UdSSR für Wissenschaft und Technik

Ein Kollektiv, dem Wissenschaftler und Techniker angehörten (A. N. Tichonow, L. D. Bachrach und andere), entwickelte die allgemeinen Prinzipien der mathematischen Projektierung von Funksystemen unterschiedlichen Typs. Dadurch konnten neue Systeme für die Radartechnik, die Funknavigation und die Erforschung des Weltalls entwickelt werden.

N. W. Karpow, A. A. Manenkow und andere begründeten die Grundprinzipien und entwickelten eine Serie von Quantenverstärkern im Wellenlängenbereich für Systeme der Nachrichtenübermittlung im Weltraum und der Radioastronomie. Durch die hohe Empfindlichkeit dieser Verstärker konnten einzigartige wissenschaftliche Daten von den interplanetaren Stationen vom Typ „Venus“ und anderen Raumflugkörpern empfangen und wichtige Ergebnisse in der Radioastronomie gewonnen werden.

PdsU 49/76

Erforschung der interplanetaren Materie durch Amateure in der ČSSR

Im Jahre 1953 wurde in Brno ein Teil der neu erbauten Sternwarte für Besucher geöffnet. Anlässlich der Eröffnung wurde u. a. auch eine Meteorsektion gegründet. Sechs Jahre später wurde hier noch ein anderes Gebäude, das Planetarium, erbaut. Im Beobachtungsraum ist ein Refraktor mit einem Durchmesser von 150 mm installiert, der zur Beobachtung der veränderlichen Sterne dient und auf dem flachen Dach führen Amateure ihre Meteorbeobachtungen durch. Sternwarte und Planetarium haben 15 ständig Angestellte und viele Mitarbeiter, lauter junge Leute, die in drei Fachsektionen verteilt sind. Diese Mitarbeiter halten verschiedene Vorträge in Kursen und beobachten Meteore und Veränderliche.

Die Sternwarte bildet jetzt das Meteorforschungszentrum der Amateure in der Tschechoslowakei. Fast jedes Jahr findet eine gesamtstaatliche Expedition statt. Die erste meteorische Expedition wurde schon im Jahre 1955 veranstaltet, damals hat man den Meteorstrom Geminid beobachtet. Bis jetzt hat man schon 20 gesamtstaatliche Expeditionen mit verschiedenen Programmen organisiert

und aus 14 wurde wertvolles Material gewonnen. Jetzt verarbeitet man z. B. das Programm aus den Jahren 1972 und 1973 „Verbindung visueller und teleskopischer mit radioelektrischen Beobachtungen“. Die Programme werden von Experten erarbeitet. Alle Daten aus den Meteorbeobachtungen werden auf einem Rechner verarbeitet. Die Amateure kodieren die Angaben aus ihren Beobachtungen, die dann abgeleitet und weiter schon meistens von Spezialisten verarbeitet werden.

Im Vorjahr (1975) hat wieder eine gesamtstaatliche Expedition während der Ferien stattgefunden. Die Teilnehmer haben in der Slowakei aus zwei Standorten, die 62 km voneinander entfernt waren, beobachtet. Auf jeder Station haben immer zwei Gruppen beobachtet; eine Schriftführer und vier Beobachter, die nach den vier Weltgegenden orientiert waren und die Sternfelder um 40° über dem Horizont überwachten. Insgesamt hat diese Expedition 31 Mitglieder, meistens Studenten, gehabt. Es handelte sich diesmal um visuelle Beobachtung, wobei die Meteore in Sternkarten eingezeichnet wurden, die aus einem gnomonischen Sternatlas und der Bonner Durchmusterung zusammengestellt und vervielfältigt wurden. Die Aufgabe des Programmes war: Feststellung der Verteilung der Meteorströme der visuellen Meteore.

Nach 50 Minuten Beobachtung folgten jeweils 10 Minuten Pause, damit der Schriftführer fehlende Angaben nachtragen konnte. Diesmal wurden in speziellen Protokollen diese Angaben über einzelne Meteore registriert: Zeit der Meteorerscheinung auf ± 1 sec genau, Richtung, Helligkeit, Schweif, Entfernung von der Mitte des Sternfeldes, Geschwindigkeit, Länge, Bewertung und Bemerkungen.

Das Wetter war nicht besonders günstig, so hat man nur 7 Nächte beobachtet. Auf beiden Stationen wurden zusammen 4322 Meteore registriert, aus denen 3951 in die Sternkarten gezeichnet wurden. Ungefähr 13% Meteore wurden von mehreren Beobachtern einer Gruppe erfasst. Dann mußte man noch gemeinsame Meteore zwischen Gruppen und beiden Stationen finden.

Im Jahre 1977 ist wieder eine teleskopische Expedition mit dem Programm „Bestimmung der Leuchtkraftfunktion der Meteore“ geplant. Beobachten wird man mit Feldstechern 10 x 80 im Hochgebirge, in der Höhe von ungefähr 1500 m, wie es das Programm verlangt. Eine solche Expedition hat schon 1975 auf einem Gebirgskamm unweit der Hohen Tatra stattgefunden. Damals wurden 3358 Meteore notiert, das ist für ein solches Programm zu wenig.

Die Teilnehmer an einer gesamtstaatlichen Expedition müssen bereits Erfahrung mindestens aus einer Sektions- oder Einübungs-Expedition haben. Auch während des ganzen Jahres werden in Brno und auf manchen anderen Sternwarten teleskopische Meteorbeobachtungen durchgeführt.

Weil unsere jetzigen Programme Zeitbestimmung der Meteorerscheinung ± 1 sec erfordern, wurde auf der Sternwarte in Brno eine elektronische Uhr hergestellt. Diese Uhr gibt die Zeit durch ein Display in Ziffern an und somit entstehen keine Fehler bei der Zeitbestimmung wie bei dem Zeitablesen von normalen Stoppuhren. Die Energiequelle ist ein Akkumulator oder Stromnetz. Diese Uhr ist transportabel; man kann mit ihr auch im Freien arbeiten. Mit einer solchen digitalelektronischen Uhr hat immer eine Gruppe auf den zwei letzten Expeditionen gearbeitet und dort haben sie sich recht gut bewährt. Der Schriftführer, der mit ihr gearbeitet hat, hat in viel kürzerer Zeit Angaben über mehr Meteore als die anderen Schriftführer mit normaler Uhr und ohne Fehler im Protokoll eingetragen.

Die Meteorsektion veröffentlicht die Ergebnisse ihrer Arbeit im „Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia“ (BAC) und in den Mitteilungen der Sternwarte und des Planetariums in Brno. Die hauptsächlichsten Arbeiten für BAC wurden von Grygar, Kohoutek, Kvíz, Mikušek, Šulc und Znojil verfaßt.

HELENA NOVAKOVA

Zeiss-Planetarien in aller Welt

Aus Anlaß des 50jährigen Bestehens des Zeiss-Planetariums Jena veranstaltete die Carl-Zeiss-Stiftung Jena vom 13. bis 17. September 1976 ein Symposium unter der Thematik „Zeiss-Planetarien in aller Welt“. An diesem Symposium beteiligten sich etwa 50 Mitarbeiter der Carl-Zeiss-Stiftung, des VEB Carl Zeiss sowie Fachastronomen, Mitarbeiter der Planetarien in Cottbus, Suhl, Rostock, Halle und Potsdam, der Leiter des Zentralen Fachausschusses Astronomie und Vertreter der Schulastronomie. Außer den Gästen aus der DDR konnten die Mitarbeiter der Planetarien in Moskau (UdSSR), Olsztyn und Chorzow (VR Polen), Prag und Brno (CSSR), Budapest (VR Ungarn), Smoljan (VR Bulgarien), Wien, Kufstein und Klagenfurt (Österreich), Berlin-West, Paris (Frankreich), ferner aus Holland, Finnland, Griechenland, dem Iran und den USA begrüßt werden.

Am 14. September eröffnete Prof. Mütze, Direktor der Forschung, im Volkshaus Jena das Symposium. Anschließend sprach H. G. Beck, Forschungs- und Entwicklungsleiter, über „50 Jahre Jener Planetarium – Rückblick und Ausblick“ und erwähnte dabei besonders die gegenwärtigen und künftigen Aufgabenstellungen dieser vorbildlichen Einrichtung zur Popularisierung der Astronomie, die bis zum Mai 1976 4 Mill. Besucher zu verzeichnen hatte. Zur Geschichte der Planetenmechanismen und über die verschiedenen technischen Darstellungsmöglichkeiten der scheinbaren Planetenbewegungen im Planetarium referierte Dr. L. Meier. Entwicklungsgruppenleiter Böhme erläuterte die Planetenmechanik sowie die Besonderheiten des neuen Zeiss-Kleinplanetariums ZKP 2. Mit zwei Fixsternkugelprojektoren und Umlaufgetrieben die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten, den Mond und die Sonne, unterscheidet sich dieses bereits in der Fertigung befindliche Planetarium wesentlich vom bisherigen Kleinplanetarium. Herr Böckel sprach über die Vorteile des Raumflug-Planetariums mit direkter Programmierung, die für die methodische Gestaltung der Vorführungen eine beachtliche Verbesserung bedeutet. Über das neue 2-m-RCC-Spiegelteleskop mit seinen verschiedenen optischen Systemen, das für die VR Bulgarien bestimmt ist, informierte Herr Jensch. Dr. D. B. Herrmann von der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow behandelte ein Thema aus der Forschungsgeschichte der Astronomie und stellte dabei neue Methoden vor, mittels derer zwischen den Ergebnissen in der Wissenschaft (Publikationen, Sternwarten) und dem Stand der Produktivkräfte Korrelationen ermittelt werden können.

Der Nachmittag war für die Besichtigung des Astro-Gerätebaus im Südwerk des VEB Carl Zeiss Jena vorgesehen. Die Teilnehmer hatten ausreichend Zeit, das in der Endfertigung befindliche 2-m-RCC-Spiegelteleskop sowie das Raumflugplanetarium und das neue ZKP 2 kennenzulernen.

Großes Interesse bestand für das ZKP 2. Der „Handbetrieb“ des bisherigen Kleinplanetariums wird von einer elektronischen Programmsteuerung mittels einer selbst zu gestaltenden Karte abgelöst. Mit seinen vielen Darstellungsmöglichkeiten kann es als eine Miniaturausführung des Raumflugplanetariums angesehen werden. Daneben ergaben auch mehrere Zusatzgeräte, wie der heliozentrische Sonnensystemprojektor und der Projektor für Jupiter und seine 4 großen Monde das Interesse der Besucher, für die das unmittelbare Erlebnis dieser weltbekannten Fertigungsstätte beeindruckend war.

Am 15. September eröffnete Prof. Dr. N. Richter mit einem Vortrag über extragalaktische Forschung aus dem Wirkungsbereich des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg die Tagesordnung. Daran schloß sich eine Exkursion zum 2-m-Spiegelteleskop in Tautenburg an. Der Leiter des Observatoriums, Dr. S. Marx, erläuterte die drei optischen Systeme dieses Instrumentes und vermittelte zahlreiche technische Einzelheiten sowie Angaben über die Forschungsvorhaben dieses größten Teleskops der DDR und des größten Schmidt-Spiegels (134 cm) der Welt.

Eindrücke von der Schönheit der Landschaft an der Saale vermittelte ein Besuch der Dornburger Schlösser. Der Rest des Tages war mit Vorträgen ausgefüllt: Dr. J. Dorschner sprach über „Die Suche nach außerirdischem Leben“. Dr. Oszczak, Olsztyn (VR Polen), berichtete über die Arbeit des im Copernicus-Jahr 1973 eröffneten Raumflugplanetariums in Olsztyn, des ersten Planetariums dieser Art in Europa. Die Herren Penel und Oudenot (Paris) stellten das bekannte Palais de la découverte (Palais der Entdeckungen) in Paris mit seinen Experimentierräumen, Ausstellungen und dem im Jahr 1937 errichteten Zeiss-Planetarium vor. Die Teilnehmer des Symposiums hatten dann Gelegenheit, an einer von Dr. Meier durchgeführten öffentlichen Veranstaltung im Planetarium teilzunehmen und sich von der Vielfalt der Darstellungsmöglichkeiten eines Großplanetariums zu überzeugen.

Im neuen Forschungsbau gab am Abend des 15. September die Generaldirektion des VEB Carl Zeiss Jena einen Empfang zu Ehren der Gäste.

Der Vormittag des 16. Septembers war dem Erfahrungsaustausch und der Thematik „Planetarium und Schulunterricht“ gewidmet. Im Planetarium demonstrierte H. Mücke, wie das Thema „Kometen einst und jetzt“ im Wiener Planetarium aktualisiert dargestellt werden kann. Über den Einsatz des Planetariums für die Sechsbis Zehnjährigen berichtete A. Rühl, Prag. Herr Porzewski Moskau, führte zwei Lichtbildreden vor, wie sie im Planetarium Moskau für die Unterrichtsergänzenden Vorträge verwendet werden. Den Astronomielehrern steht als Ergänzung zu den 36 Unterrichtsstunden im Jahr ein Angebot von 10 Themen zur Verfügung.

Dr. K. Lindner, Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie sprach über die Stellung, die Ziele und Aufgaben des Unterrichtsfaches Astronomie innerhalb des sozialistischen Bildungssystems der DDR. Den über 20 Planetarien (innerhalb des nächsten Jahres werden weitere 8 hinzukommen) kommt dabei eine sehr wichtige Rolle in der Bildung und Erziehung sowohl im Unterricht als auch in der außerunterrichtlichen Arbeit zu. Als ein hocheffektives didaktisches Instrument hat das Planetarium folgende Hauptaufgaben zu erfüllen. Veranschaulichung räumlicher Strukturen – Modellmäßige Darstellung von Bewegungsvorgängen – Unterstützung der Beobachtungen – Emotionale Einwirkung auf die Schüler.

Über die Ausbildung der Astronomielehrer in der DDR berichtete Dr. Ch. Friedemann, Jena. Zur Zeit beteiligen sich etwa 250 Lehrer in vier Einrichtungen an dieser Form der Ausbildung. A. Zenkert, Potsdam, referierte über den Einsatz des Planetariums in den Klassen 2 bis 4 (Unterstufe) im Fach Heimatkunde. Diese Veranstaltungen haben auch die Aufgabe zu erfüllen, das Interesse der Schüler bereits in den unteren Klassenstufen zu wecken und sie anzuregen, sich mit ganz einfachen Themen aus Astronomie und Raumfahrt zu befassen. Über das einzige Raumflugplanetarium in der DDR sprach A. Müßiggang (Cottbus). K. Kockel, informierte über den derzeitigen Stand des Aufbaus des 2. Raumflugplanetariums (Halle). Mit der Eröffnung ist 1978 zu rechnen. Über die Rolle des Zeiss-Planetariums früher und heute sowie über die Ausbildung der Mitarbeiter in den Planetarien sprach H. Letsch vom VEB Carl Zeiss Jena.

Für den Nachmittag war eine Fahrt nach Buchenwald und Weimar vorgesehen. Herr Beck sprach in der Halle des Mahnmals des ehemaligen Konzentrationslagers Buchenwald Worte des Gedenkens und der Verpflichtung und legte im Namen der Carl-Zeiss-Stiftung Jena einen Kranz nieder. Der Besichtigung des Goethehauses am Frauenplan folgte ein Rundgang durch die Innenstadt von Weimar. Am Abend trafen sich die Teilnehmer in Jena zu einem gemütlichen abschließenden Beisammensein. Herr Abicht, Bevollmächtigter der Carl-Zeiss-Stiftung, dankte in seinem Schlusswort für das persönliche Mitwirken, das zum erfolgreichen Verlauf des Symposiums geführt hat.

A. ZENKERT

Konzeption über die Entwicklung der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“

Im Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands, das der IX. Parteitag beschloß, heißt es:

Die Sozialistische Einheitspartei Deutschlands setzt sich dafür ein, daß auf solchen Gebieten wie der Mathematik, Mechanik, Kybernetik und Informationsverarbeitung, der Physik einschließlich der Werkstoff- und Kernforschung, der Chemie, den Geo- und Kosmoswissenschaften eine weitgestreckte Grundlagenforschung betrieben und die zügige Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis gewährleistet wird.

Immer mehr Bürger unseres Staates benötigen für ihre berufliche Tätigkeit umfangreiche Kenntnisse über neueste wissenschaftliche Ergebnisse, und immer mehr Bürger unserer sozialistischen Gesellschaft interessieren sich auch unabhängig von ihrem eigenen Arbeitsbereich immer stärker für moderne wissenschaftliche Erkenntnisse. Es heißt deshalb weiter im Programm der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands:

Wissenschaft und Bildung stehen in einem untrennbaren Zusammenhang. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse sind ein breites Fundament für die Bildung und Erziehung der jungen Generation und für die Qualifizierung aller Werktätigen.

Aus diesen Zielstellungen ergeben sich auch konkret Aufgaben für die populärwissenschaftliche Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“.

Die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ stellt sich folgende Ziele:

1. Darlegung der gesellschaftlichen und weltanschaulichen Bedeutung der Astronomie
2. Vermittlung moderner astronomischer Forschungsergebnisse
3. Anleitung zu selbständiger amateurastronomischer Tätigkeit
4. Astronomische Ergebnisse der Raumfahrt und Aufgaben der Kosmosforschung

Zu 1.

- In philosophischen Beiträgen sollen bekannte Philosophen zu weltanschaulichen Problemen, die auch unter astronomischen Gesichtspunkten interessant sind, Stellung nehmen. Dabei steht die philosophische Problematik im Vordergrund. Solche Problemkreise sind u. a.:

Gibt es außer dem irdischen weiteres vernunftbegabtes Leben im Weltall?
Die Unendlichkeit der Welt
Der Zusammenhang von Raum und Zeit
Die Allgemeingültigkeit von Entwicklungsgesetzen
Die materielle Einheit der Welt
Der Materiebegriff

- In den astronomischen Fachbeiträgen muß vom Standpunkt der Fachwissenschaft, wenn es sich ergibt, zu der weltanschaulichen Bedeutung von Forschungsergebnissen Stellung genommen werden. Um diese Stellungnahme nicht dem Zufall zu überlassen, wird von der Redaktion vor Erarbeitung des Artikels mit dem Autor über diese Zielstellung des Beitrages gesprochen.
- Wichtige Abschnitte der Astronomiegeschichte sind in der Zeitschrift besonders unter Bezug auf den jeweiligen gesellschaftlichen Entwicklungsstand zu betrachten. Dabei ist besonders der Zusammenhang zwischen fachwissenschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung zu erläutern.

Zu 2.

- Zur Vermittlung astronomischer Kenntnisse sind **Übersichtsartikel** bekannter Astronomen notwendig. In diesen Übersichtsbeiträgen sollen nicht nur die Forschungsergebnisse als solche dargestellt, sondern soll auch der Weg zu ihrer Erzielung kurz beschrieben und in diesem Zusammenhang

vor allem die Notwendigkeit des Zusammenwirkens verschiedener Fachwissenschaften erläutert sowie die Bedeutung der Ergebnisse eingeschätzt werden. Es darf nicht nur um eine hochqualifizierte Darstellung astronomischer Forschungsergebnisse gehen. Diesem Zweck dient sehr gut die Zeitschrift „Die Sterne“. Auch methodische und pädagogische Fragen der Vermittlung astronomischen Wissens werden nicht berücksichtigt. Diesen Zweck hat die Zeitschrift „Astronomie in der Schule“.

Da in der DDR keinesfalls alle spezifischen Fachgebiete der Astronomie in der Forschung bearbeitet werden, ist es notwendig, ausländische Fachwissenschaftler als Autoren zu gewinnen.

- In Kurzbeiträgen sind modernste astronomische Forschungsergebnisse vorzustellen, die auf Grund theoretischer Überlegungen oder von Beobachtungen erzielt wurden. Hierbei kann es sich durchaus um Ergebnisse handeln, die nicht in jedem Fall in bekannte größere Zusammenhänge hineinpassen und die darum eine Korrektur bekannter Vorstellungen zur Folge haben oder die selbst auf Grund weiterer Arbeiten korrigiert werden müssen.

Zu 3.

- Da sich viele, in zunehmenden Maße auch junge Menschen aktiv mit der Astronomie, vor allem mit der Beobachtung beschäftigen, muß in der Zeitschrift ein breiter Raum für die Anleitung zu dieser Tätigkeit zur Verfügung stehen. Hier sollen vor allem in der Beobachtung versierte Fachastronomen und erfahrene Amateurastronomen zu Wort kommen. Der Fachastronom soll dabei bevorzugt Stellungnahmen zu den Beobachtungszielen der Amateurastronomie, den Beobachtungsmethoden und zu Fragen der Beobachtungsauswertung geben. Der erfahrene Amateur hat die Aufgabe, amateurastronomische Beobachtungsmittel und Auswertegeräte für die Lösung der jeweiligen Beobachtungsaufgaben vorzustellen.
- Um die Leistungsfähigkeit verschiedener amateurastronomischer Einrichtungen und Instrumente kennenzulernen und auch vergleichen zu können, müssen in der Zeitschrift amateurastronomische Arbeitsergebnisse publiziert und diskutiert werden, d. h., die Zeitschrift muß Plattform des Erfahrungsaustausches der Amateurastronomen sein. Die durch den ZFA angeregten Arbeitskreise von Amateurastronomen, die in der Hauptsache aus jungen Sternfreunden bestehen, müssen ständige Anleitung durch die Zeitschrift erhalten und die Möglichkeit bekommen, ihre kollektiv erarbeiteten Ergebnisse in der Zeitschrift zu publizieren.

Die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ wendet sich an alle an der Astronomie interessierten Menschen, vor allem aber an den praktisch tätigen Amateurastronomen, d. h., alle Beiträge, auch die der Erkenntnisvermittlung, müssen dieser Zielstellung entsprechend aufbereitet sein und der Amateur muß selbst in großem Umfang zu Wort kommen.

Die Zeitschrift soll einerseits der ständigen Qualifizierung der Amateurastronomen auf fachwissenschaftlichen und damit in Zusammenhang stehenden philosophischen Fragen dienen, andererseits zum Erfahrungsaustausch zwischen den Amateuren beitragen.

Die Konzeption wurde kollektiv in der Redaktion beraten.

Dr. S. MARX
Chefredakteur

Buchbesprechung

Schuld ist die Sonne

Woran soll die Sonne schuld sein? Daß im Rhythmus des elfjährigen Sonnenzyklus verstärkt Polarlichter auf der Erde auftreten, daß es in Jahren der aktiven Sonne starke Änderungen des Erdmagnetfeldes und damit verbunden Ionosphärenbeeinflussung und Funkstörungen gibt, das sind Erscheinungen, denen man im Astronomieunterricht der 10. Klasse spätestens begegnet. Die durch den russisch-sowjetischen Wissenschaftler Alexander Leonidowitsch Tschischewski in ihren Grundlagen geschaffene Heliobiologie — sie ist Hauptgegenstand dieses Buches — zeigt weit mehr Zusammenhänge auf, als durch die klassischen Theorien über solar-terrestrische Beziehungen erklärt wird.

Es ist interessant zu erfahren, daß dieser Zeitgenosse und Freund Ziolkowskis (Vater der Weltraumfahrt) ein ähnliches Schicksal hatte wie dieser und seine wissenschaftlichen Arbeiten auf die gleichen Schwierigkeiten stießen, daß erst der neu geschaffene Sowjetstaat nach 1917 seine Arbeiten zur Geltung brachte. Aber auch heute ist die Heliobiologie ein offenes Forschungsfeld, birgt viele Hypothesen, die der Bestätigung oder Widerlegung durch weitere Beobachtungen und Experimente noch bedürfen. Magnetstürme werden in Tschischewskis Buch untersucht, Wetter- und Klimabeeinflussung durch die Sonnenaktivität, Sonnenrhythmen bei Pflanzen und veränderte Verhaltensweisen bei Tieren, die Auswirkungen auf Krankheiten und Krankheitserreger beim Menschen und vieles andere mehr, was des Nachdenkens und Nachlesens wert ist, für angehende Biologen, Mediziner oder Physiker in gleicher Weise interessant.

Wir können Prof. Göring von der Humboldt-Universität Berlin zustimmen, wenn dieser im Vorwort zur deutschen Ausgabe feststellte: „F. Sigel führt durch unwegsames wissenschaftliches Neuland. Nur wenn uns alle Auswirkungen der Sonne auf die irdischen Lebensvorgänge bekannt sind, werden wir die einen nutzen und uns vor den anderen schützen können.“

WOLFGANG KÖNIG

Felix Sigel „Schuld ist die Sonne“. Gemeinschaftsarbeit des Verlags MIR Moskau und des VEB Fachbuchverlags Leipzig, 1. Auflage 1975, 49 Abb., 215 S., 5,50 M.

Hinweis

In der Zeit vom 14. – 24. August 1977 findet auf der Sternwarte Apolda ein zentrales Sommerlager für junge Amateurastronomen statt. Interessenten melden sich bitte bis zum 15. 7. 1977 bei Gerburg Unger, 532 Apolda, Bergstraße 54.

Unsere Autoren:

Prof. Dr. habil., Dr. h.c. Hans-Jürgen Treder, 1502 Potsdam-Babelsberg, Rosa-Luxemburg-Straße 17a

Dr. Siegfried Marx, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium

Günter Werner, 15 Potsdam, W.-Staal-Strasse 3

Jörg Mosch, 825 Meßlen, Gartenstraße 16

Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestraße 5

H. Urbanski, 1166 Berlin, Mönchshelmer Straße 34

Armin Wedel, 15 Potsdam, Kantstraße 28

Ursula Seliger, 8055 Dresden, Barfußweg 4

Dietmar Böhme, 4851 Nessa Nr. 11

Ing. Manfred Neubert, 9412 Schneeberg, Sternwarte

Wolfgang Reuschel, 027 Hohenstein-Ernstthal, Dresdner Straße 42

Wolfgang König, 61 Meiningen, Am Bielsstein 4

Helena Nováková, 61100 Brno CSSR, Tůčkova 19

Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17

EVP 1,50 M

PZV 31052

3¹⁹⁷⁷ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Wie entstand die Erde? Moderne Vorstellungen zur Planetenkosmogonie I · Dr. J. Dorschner	65
Ozeanographische Forschung durch Satellitensysteme · M. Bork	69
Bericht vom 27. Internationalen Astronautischen Kongreß · Horst Hoffmann	72

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung der Umgebung des Großen Roten Flecks 1975/76 · Jörg Mosch	76
Feuerkugel-Jahresübersicht 1976 · E. Maul, G. Renner, K. Kirsch	77

Bildseiten

Jupiteraufnahmen, Bilder zur Spektroskopie, Skizze des SPACE SHUTTLE	I—IV
--	------

Junge Amateure

Die Spektroskopie als Arbeitsgebiet für Amateurastronomen · Bärbel Ködderitzsch	83
---	----

Kurzberichte

Beobachtung der Strahlungsablenkung am Schwerfeld der Sonne — Tektitenfeld in der Sowjetunion entdeckt — Der Meteoritenfall vom 2. 3. 76 in der CSSR — 18. Astronomietagung in Dresden — 2. Zentrale Tagung junger Amateurastronomen in Leipzig	89
Das Optische Museum in Jena — 8. astronomisches Jugendlager der Slowakei — 2. astronomisches Jugendseminar des Bezirks Magdeburg in Wernigerode — Hinweis für unsere Fachgruppenleitungen	90

Aus der Literatur

Nomogramm zur jährlichen Bewegung des Sternhimmels	91
Erforschung von Mikrometeoriten	92
Viking 2 näher an Mars — Pluto nur halb so groß als angenommen — Organische Verbindungen im Mondgestein — Radaruntersuchung des Ganymed	93
Zur Struktur des Sonnenmagnetfeldes — Neues Teleskop in Bjurakan — Funkortung unsichtbarer Wolken — Vulkanische und tektonische Aktivitäten der Venus — Meteorit in der Antarktis gefunden	94
Die Sonne ein Doppelstern? — Radioteleskop Ratan 600 in Betrieb — NASA-Missionspläne — Gemeinsam auf den Mars? — Radiosignale vom Uranus	95
Auswertung der Marsfotos von Viking 1 und 2 — Magnetschweif des Jupiter reicht bis zum Saturn — Die Temperatur auf der Oberfläche von Amalthea — FG Sagittae	96
Raumkolonie für Zehntausende? — Kommentar von Dr. Konstantin Feoktistow (UdSSR) zu einem solchen Projekt — Erneut zum Mond — Satellitenaufnahmen von Unterwasserwellen	3. Umschlagseite

Buchbesprechung

Was sind Quasare?	4. Umschlagseite
-----------------------------	------------------

Redaktionsschluß: 20. 3. 77

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. — Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestraße 90; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1977 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 1,60 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 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des FZV.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Wie entstand die Erde?

Moderne Vorstellungen zur Planetenkosmogonie I.

Dr. J. DORSCHNER

Eines der wichtigsten Ziele naturwissenschaftlicher Forschung ist die Erkundung der Erde. Der Stoff, aus dem dieser Himmelskörper besteht, ist die materielle Grundlage unseres Lebens. Das gilt nicht nur in biologischer Hinsicht, weil unser Organismus aus dem Material unseres Planeten besteht, sondern auch deswegen, weil die Menschheit zu ihrer Existenz die Produktion materieller Güter benötigt, die zwangsläufig vom Stoffreservoir der Erde ausgehen, ganz gleich, ob es sich um die Gewinnung von Rohstoffen, von Gebrauchsenergie, von Nahrungsmitteln, von Trinkwasser usw. handelt.

Die verschiedenen Disziplinen der Geowissenschaften interessieren sich aber nicht nur für die gegenwärtige stoffliche Beschaffenheit der Erde, sondern auch für die Geschichte unseres Heimatplaneten. Erdgeschichte zu studieren bedeutet ja, die Geschichte des Lebens auf der Erde und damit unsere eigene Entwicklungsgeschichte zu verfolgen. Die Geschichte der Erde ist natürlich auch die Geschichte aller für den Menschen wertvollen Rohstoffe, und sie liefert schließlich auch die Erklärung für den jetzigen Zustand unseres Planeten. Kennt man die in der Erdgeschichte deutlich werdenden Entwicklungsgesetze, dann besitzt man die Grundlage, um auf dem Wege der wissenschaftlichen Extrapolation Aussagen über die Zukunft der Erde machen zu können.

Die Kenntnis der Vergangenheit unseres Planeten ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, daß die Menschheit der Zukunft ihre Probleme meistern kann. Vor diesem Hintergrund ist also die Frage „Wie entstand die Erde?“ kein akademisches Problem, das man lösen muß, um ein abgerundetes Lehrbuch über die Erde schreiben zu können, sondern eine Angelegenheit, um die sich die Menschen kümmern müssen, um die materielle Basis ihres Lebens besser verstehen, die Rohstoffe der Erde rationeller und sinnvoller verwenden, die Bedingungen an der Oberfläche dieses Himmelskörpers umsichtiger pflegen und die Bewohnbarkeit langfristig garantieren zu können.

Es mag zunächst Verwunderung auslösen, wenn über die Entstehung der Erde in einer astronomischen Zeitschrift geschrieben wird. Schließlich handelt es sich ja auf den ersten Blick um ein Problem der Erdwissenschaften. Beim genaueren Hinsehen wird allerdings deutlich, daß es in dieser Hinsicht gewisse Einschränkungen gibt. Beispielsweise sind die ältesten Gesteinsformationen rund eine Jahrmilliarde jünger als unser Planet. Ihr Alter liegt bei etwa 3,7 Milliarden Jahren, während die Erde etwa 4,6 Milliarden Jahre alt ist, wie die Geochemiker aus der Radioaktivität des Gesteins schließen können. Geologisch interpretierbare Spuren, die Aufschluß darüber geben, wie es kurz nach ihrer Entstehung auf der Erde zugeht, gibt es also nicht; zwischen der Entstehung der Erde und den ältesten Gesteinsdokumenten klafft die erwähnte Lücke.

Was in der Urzeit der Erde z. B. an ihrer Oberfläche vor sich ging, kann nur durch Analogieschlüsse ermittelt werden, indem man die erdartigen Himmelskörper des Sonnensystems studiert, an deren Oberflächen noch Dokumente aus dieser Zeit erhalten geblieben sind. Der Schlüssel zum Verständnis der Urzeit der Erde wird also bezeichnenderweise von der Mond- und Planetenforschung geliefert. Die Entstehung der Erde kann ganz allgemein nur im großen Zusammenhang der Planetenentstehung bzw. der Bildung des Sonnensystems verstanden werden und ist damit ein interdisziplinäres Problem, für das u. a. auch die Astronomen zuständig sind.

Das Urstadium der Erde

Die durch die Möglichkeiten, die das Raumflugzeitalter bietet, stark intensivierte Mondforschung konnte beweisen, daß das Gestein der ältesten Gebiete der Oberfläche des Erdtrabanten fast 4,6 Mrd. Jahre alt ist. Diese alten „Mondkontinente“ sind dicht mit Kratern aller Größen bedeckt, deren Ursprung eindeutig im Einsturz kleiner Himmelskörper bzw. großer Brocken aus dem interplanetaren Raum zu suchen ist. Einige fast kreisrunde Mare, wie z. B. das Mare Imbrium, sind ihrer Anlage nach gleichfalls Einschlagskrater, deren Kessel sich zur Zeit der Marebildung, rund eine Jahrmilliarde nach der Mondentstehung, mit basaltischer Lava füllten. Die Urzeit des Mondes war also durch starken „Beschuß“ aus dem Weltraum gekennzeichnet, wobei die größten „Kaliber“ dieser „Weltraumartillerie“ bei 50 bis 100 km gelegen haben mögen.

Die jüngsten Ergebnisse der Merkurforschung zeigen, daß auch dieser Planet ein solches „Junaes Stadium“ durchlaufen hat. Ähnlich wie bei unserem Trabanten, scheint auch beim Merkur dem kos-

mischen Bombardement eine Phase starker vulkanischer Aktivität gefolgt zu sein, in der sich die glatten mareähnlichen Flächen bildeten. Dieser Vulkanismus klang aber sehr schnell ab, ebenso erreichten tektonische Vorgänge, die die Kruste in Bewegung halten und für Brüche, Verwerfungen und Deformationen sorgen können, längst nicht das Ausmaß wie auf der Erde. Mond und Merkur besaßen nie eine nennenswerte Atmosphäre; Wassererosion und Windtransport von Bodenmaterial spielten zu keiner Zeit bei der Oberflächenmodellierung eine Rolle. Dort, wo die Basaltüberflutung zur Zeit der Marebildung die Urkruste unverändert ließ, blieb sie im wesentlichen erhalten. Lediglich der auch heute in geringem Umfang wirksame kosmische „Beschuß“, vor allem durch die wie ein Sandstrahlgebläse wirkenden Mikrometeorite, sorgte für eine gewisse Alterung bzw. ein „Umwälzen“ der Trümmerschicht, des Regoliths.

Auch die anderen erdartigen Planeten, Mars und Venus, lassen deutliche Spuren eines „lunaren Stadiums“ erkennen. Die dünne und zeitweise auch sehr feuchte Marsatmosphäre sorgte zwar für eine, verglichen mit der Erde bescheidene Wassererosion und für Windtransport von feinen Regolithbestandteilen, konnte aber die großen Krater nicht verwischen, so daß es Gegenden auf dem Mars gibt, die sehr mondähnlich sind. Auf den Radarbildern der Venus sind neben vulkanischen und tektonischen Bildungen auch zahlreiche kreisrunde Gebilde zu erkennen, die man unschwer als Krater identifizieren kann. Sie haben zwar allem Anschein nach ein sehr flaches Relief, ganz auslöschen konnte sie die extrem trockene Atmosphäre, in deren bodennahen Schichten außerdem nur wenig Windtätigkeit vorhanden zu sein scheint, jedoch nicht. Damit steht also außer Frage, daß auch die Erde von dem kosmischen Bombardement nicht verschont geblieben sein kann.

Intensive magmatische Prozesse und die starke Mobilität der Erdkruste (die aus beweglichen Großplatten besteht, die beim Auseinanderrücken Ozeane entstehen lassen, beim Zusammenstoß Gebirge auf türmen können und auf andere Weise beständig Spannungen schaffen) sowie der extrem große Wassergehalt unseres Planeten, der eine starke Verwitterung des Gesteins mit sich bringt und ständig für die Bildung von Sedimenten sorgt, haben jedoch die Spuren des lunaren Stadiums gänzlich beseitigt. Die wenigen Großkraterreste, die die Geologen vor allem auf alten Kontinentalschilden, z. B. in Kanada und in Nordsibirien, mühsam identifizierten, stammen nur noch von „Nachzüglern“ dieser Phase. Auch auf dem Mond gibt es übrigens solche Nachzügler, wie z. B. die relativ jungen Krater Tycho und Copernicus. Das Auffinden irdischer Astrobleme (wie man solche durch Beschuß aus dem Weltraum entstandenen Gebilde im Fachjargon auch zu nennen pflegt) beweist endgültig, daß auch auf der Erde derartige Prozesse wirksam waren.

Woher stammen die Projektile, die das lunare Stadium der Erde verursachten? Was war vor diesem Stadium? Die Meinung der Fachleute auf dem Gebiet der Planetenkosmogonie geht heute dahin, daß die kleinen Himmelskörper (Planetoiden und Kometen) und die Meteorite, die die Innenbezirke des Sonnensystems vor 4 bis 4,6 Mrd. Jahren so stark bevölkerten, eng mit dem Ausgangsmaterial für die Planetenbildung zusammenhängen, zumindest ursprünglicheres Material darstellen, als wir es an den Oberflächen der großen erdartigen Himmelskörper vorfinden. Selbst das älteste Gestein der Mondoberfläche hat bereits mannigfache chemische und mineralogische Umwandlungen hinter sich. Wie die Untersuchungen des Mondgesteins zeigen, wurde das Urmaterial des Erdtrabanten aufgeschmolzen, und im Schwerfeld entmischten sich leichte und schwere Bestandteile. Aus den oben schwimmenden leichteren Bestandteilen bildete sich die erste Kruste, die heute noch in Form der Kontinente, vor allem auf der Rückseite des Mondes, existiert. Eine Jahrmilliarde später sorgten emporwühlende Basaltmassen für eine zweite Krustenbildung in Form der Maria.

Daß das älteste Gestein an der Erdoberfläche mindestens einmal den schmelzflüssigen Zustand durchlaufen hat, ist den Geologen längst bekannt. Wegen des stärkeren Schwerfeldes unseres Planeten muß es sogar in größerem Umfang differenziert sein als das Mondgestein. Trotzdem war die Ureerde vor 4,6 Mrd. Jahren kein glühend heißer Tropfen oder gar eine Gaskugel wie die Sonne. Die Geochemiker können nämlich aus der Häufigkeit der verschiedenen Gruppen flüchtiger chemischer Elemente in der Erdkruste beweisen, daß das Ausgangsmaterial der Erde nicht viel heißer als etwa 300 °C gewesen sein konnte. Woraus bestand nun dieses Rohmaterial der Erde, aus dessen Schmelze sich die erste Kruste ableitete?

Planetenbaumaterial im Museum

Der Rohstoff für die Bildung der erdartigen Planeten ist zwar auf der Erde oder dem Mond nicht mehr anzutreffen; auch auf Merkur, Venus oder Mars wird man keine Formationen davon mehr finden. Trotzdem ist dieses Material gut bekannt, denn es fällt hin und wieder aus dem interplanetaren Raum in Form von zum Teil recht eindrucksvollen Brocken, den Meteoriten, auf die Erde und kann in den Vitrinen der naturkundlichen Museen besichtigt werden. Meteorite untersucht man seit rund 200 Jahren mit wissenschaftlichen Methoden. Es ist ein großes, aber anscheinend wenig bekanntes

Verdienst des deutschen Physikers Ernst Chladni, die außerirdische Herkunft der Meteorite nachdrücklich vertreten, Beweise dafür gesammelt und die Wichtigkeit ihrer Erforschung herausgearbeitet zu haben. Chladni, dessen Todestag sich in diesem Jahr zum 150. Male jährte, mußte sich mit seinen Vorstellungen gegen die Meinung fast der gesamten Fachwelt seiner Zeit stellen. Namhafte Mineralogen und Chemiker des 18. Jahrhunderts hatten die außerirdische Herkunft der Meteorite als Gegenstand des Aberglaubens deklariert, so daß jeder, der in diesem Sinne Forschungen anstellte, Gefahr lief, seinen wissenschaftlichen Ruf aufs Spiel zu setzen. Bereits im vorigen Jahrhundert änderte sich diese Situation, und die Meteoritenforschung begann sich allmählich zu etablieren.

In den vergangenen 20 Jahren hat dieses Forschungsgebiet außerordentlich große Fortschritte erzielt. Die Natur hat gerade in der letzten Zeit die Bemühungen der Mineralogen, Petrographen und Geochemiker, die sich mit Meteoritenkunde befaßten, durch großzügige „Materiallieferung“ wirksam unterstützt. In den Jahren 1969 und 1976 fiel beispielsweise in Mexiko bzw. in China jeweils mehr als eine Tonne Gestein vom Himmel, das sofort geborgen und untersucht werden konnte.

In den Museen bekommt man meist Eisenmeteorite zu sehen. Der größte dieser aus einer Eisen-Nickel-Legierung bestehenden Brocken kosmischen Ursprungs, der allerdings so groß ist, daß man ihn nicht in ein Museum transportieren konnte, wurde in Südwesafrika gefunden und weist mehr als 60 t Masse auf. Die Eisenmeteorite sind aber keineswegs die am häufigsten niedergehende Sorte von Meteoriten. Sie überstehen lediglich die „Feuertaufe“ in der Atmosphäre am besten und sind am leichtesten im Erdboden zu entdecken, weil sie nur sehr langsam verwittern, so daß man selbst noch Exemplare findet, die in prähistorischer Zeit auf die Erde fielen. Geht man von den beobachteten Meteoritenfällen aus, dann ist in rund 80 % das niedergegangene Projektil ein Stein.

Die Steinmeteoriten, die in der Erdatmosphäre oft in viele Stücke zerplatzen und im Boden schnell verwittern, spalten sich in zwei große Familien auf, die Chondrite und die Achondrite. Erstere haben ihren Namen von den Chondren, kleinen erstarrten Glastropfen aus Olivin oder Mineralien der Pyroxen-Gruppe. Diese Chondren sind in eine feinkörnige Masse aus verschiedenen Silikaten — Olivin, Pyroxenen und Feldspäten — zusammen mit Nickeleisenkörnern, Troilit (FeS) — und Chromitpartikeln einzementiert. Das Gestein, wie es die Chondrite darstellen, ging offenbar nicht durch Kristallisation aus einem Magma hervor, sondern bildete sich, indem Bestandteile sehr verschiedener Herkunft einfach zusammengebacken wurden. Besonders interessant sind die kohlgigen Chondrite, deren dunkle Grundmasse einen bestimmten Gehalt an organischen Verbindungen aufweist. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Chondriten enthalten sie auch Silikate, in denen Wasser chemisch gebunden ist, sowie wasserlösliche Minerale.

Die Achondrite enthalten keine Chondren und weisen häufig Anzeichen auf, daß sie aus einer Schmelze auskristallisierten. Manche von ihnen ähneln im Gefüge und im Mineralbestand den irdischen Basalten. Zweifellos haben sie bereits mehr Umwandlungen hinter sich und sind dadurch weniger „ursprünglich“ als die Chondrite.

Mineralogen, Geochemiker und Kernphysiker haben zahlreiche interessante Daten der Meteorite abgeleitet; insbesondere gelang es, gewisse Ereignisse in der Geschichte dieses Gesteins zu rekonstruieren. So fand man, daß das Bildungsalter der Meteorite, also beispielsweise die Zeit, die seit dem „Verbacken“ der Bestandteile der Chondrite zum Gesteinsverband verflossen ist, mit dem Alter der Erde und des Mondes übereinstimmt. Weiterhin zeigte sich, daß die einzelnen Meteorite unterschiedlich lange der Korpuskularstrahlung im Weltraum ausgesetzt waren, Offenbar gingen die Brocken zu unterschiedlichen Zeitpunkten, vor 100 000 bis 1 Mill. Jahren, aus größeren Körpern hervor, die von der kosmischen Teilchenstrahlung nicht durchdrungen werden konnten. Das Studium einzelner, aus dem Gesteinsverband herausgelöster Chondren oder Mineralkörnchen offenbarte, daß sie von allen Seiten ziemlich gleichmäßig von den Teilchen der weichen kosmischen Strahlung durchsetzt wurden. Da diese energiearmen Korpuskeln aber nicht in der Lage gewesen wären, den gesamten Meteoriten zu durchschlagen, ergibt sich der zwingende Schluß, daß die Chondren und Mineralkörnchen eine Zeitlang frei im Weltraum herumschwärmten, bevor sie im chondritischen Gestein eingebaut wurden. Damit ergibt sich etwa das folgende Bild: Die Meteorite sind Bruchstücke von Himmelskörpern, die ihrerseits durch die Zusammenballung vieler staubförmiger Partikeln und Tröpfchen entstanden. Sie bildeten sich zu der Zeit, als auch die Erde entstand, d. h. sie stammen aus der Entstehungszeit des Planetensystems. Aus der Kristallstruktur des Nickeleisens der häufigsten Eisenmeteorite, aber auch der Eisenkörner in den Steinmeteoriten konnten die Forscher sogar ableiten, wie schnell sich diese Legierung abgekühlt haben muß. Die Abkühlungsrate in der Größenordnung von 1 bis 10 Grad pro Jahrmillion bedeutet, daß die Himmelskörper, in denen das Nickeleisen der Meteorite kristallisierte, einen Durchmesser von mindestens 100 bis 200 km gehabt haben müssen, bevor sie zu Meteoriten zerstrümmert wurden. Untersuchungen des Gallium- und des Germaniumgehaltes der Eisenmeteorite zeigen auch, daß die bisher untersuchten Exemplare aus verschiedenen derartigen Körpern stammen müssen.

Nach der heute unter den Meteoritenforschern vorherrschenden Meinung bildete das Material der Eisenmeteorite erstmals die Kernregion kleiner Himmelskörper. Diese Objekte von der Größe der großen Planetoiden wurden durch Aufhäufen von Material von der Zusammensetzung der kohlgigen Chondrite gebildet. Für die „Ursprünglichkeit“ gerade dieses Materials spricht vor allem der Gehalt an flüchtigen Substanzen (Wasser, organische Verbindungen) und der Umstand, daß in ihm die schwereren Elemente genau in den Proportionen vertreten sind, wie sie das Sonnengas zeigt.

Nachdem sich dieses „Urmaterial“ zu Körpern der genannten Größe vereinigt hatte, kam es unter der Wirkung des Zerfalls der in ihm enthaltenen radioaktiven Isotope zu einer inneren Aufheizung, die zum Aufschmelzen des Gesteins führte. Das Nickeleisen schmolz aus dem Gemisch heraus und sickerte unter der Wirkung der Schwerkraft zum Zentrum des Körpers. Die leichteren flüssigen Silikate stiegen auf und schwammen auf dem Eisenkern. Bei der nachfolgenden Abkühlung kristallisierten aus dieser Silikatschmelze die Achondrite aus. Über dem achondritischen Gesteinsmantel befand sich aber noch Gestein, das zwar erhitzt, aber nicht vollständig aufgeschmolzen wurde, das Gestein der Chondrite. Das zuoberst liegende Material blieb wahrscheinlich fast unverändert.

Wenn zwei derartige Himmelskörper mit einer Relativgeschwindigkeit von einigen km/s aufeinander prallten, dann entstanden Bruchstücke, die man als Eisenmeteorite, Achondrite, Chondrite und kohlige Chondrite klassifizieren würde. Daß es Zusammenstöße kleiner Himmelskörper gab, beweist die Erforschung der Planetoiden, die zum größten Teil irreguläre Brocken sind. Daß kleine Himmelskörper auf größere prallten, beweisen die Riesenkater auf den erdartigen Planeten. Sehr überzeugend ist auch die Spur jenes kosmischen „Volltreffers“, die man an der Oberfläche des Marsmondes Phobos findet. Wäre das Projektil, das hier einschlug und den Krater Hall erzeugte, nur ein wenig größer gewesen, dann hätte es diesen von Mars eingefangenen Planetoiden zertrümmert.

In jüngster Zeit gewonnene Spektren des an Planetoiden reflektierten Lichts stimmen mit den von Meteoriten gemessenen Reflektionsspektren überein. Es kann kein Zweifel bestehen, daß die meisten Meteorite sich von solchen kleinen Himmelskörpern ableiten, wie man sie heute hauptsächlich im Planetoidengürtel zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter vorfindet. Bei manchen Meteoriten mit gut verfolgter geozentrischer Bahn scheint sicher zu sein, daß ihre heliozentrische Bahn in den Planetoidengürtel führt. Wahrscheinlich waren die „Eltern“ der Meteorite und vielleicht auch kleine Körper aus flüchtigeren Substanzen, die mehr Ähnlichkeit mit Kometenkernen als mit Planetoiden hatten, im gesamten inneren Sonnensystem stark verbreitet. Es gibt übrigens eine Gruppe von Planetoiden, die aus „ausgeglühten“ Kometenkernen zu bestehen scheint, die ihre leicht verdampfenden Bestandteile während zahlreicher Sonnenpassagen verloren haben. Alle diese Körper bildeten wahrscheinlich vor 4,6 Mrd. Jahren die „Munition“, mit der die Oberflächen der entstehenden Planeten unter Beschuß genommen wurden.

Zwei Forschungsergebnisse sind nun sehr aufschlußreich:

1. Die chemische Zusammensetzung der Erde (wenn man nicht nur die Erdkruste betrachtet, sondern auch das Erdinnere mit berücksichtigt) und die mittlere Zusammensetzung der Meteorite stimmen verblüffend gut überein.
2. Die Bildungstemperatur der Erde und der Steinmeteorite, die die Geochemiker aus den Häufigkeitsverhältnissen der verschiedenen flüchtigen Elemente ableiten können, sind fast gleich.

Es ist daher gerechtfertigt, als Arbeitshypothese anzunehmen, das ein genetischer Zusammenhang zwischen beiden besteht. Auf relativ kaltem Wege müßten sich demnach kristalline Partikel und gläserne Tröpfchen wie die Chondren zu größeren Körpern vereinigt haben, aus denen sowohl die „Eltern“ der Meteorite, als auch die Hauptmasse der erdartigen Planeten hervorgingen. Die größeren Brocken ursprünglichen Planetenbaumaterials werden wir in Anlehnung an eine Planetenentstehungshypothese, die zu Beginn unseres Jahrhunderts von den beiden Astronomen Moulton und Chamberlain formuliert wurde, Planetesimals nennen. Unsere Ausgangsfrage nach der Entstehung der Erde reduziert sich nunmehr auf die beiden Fragen:

1. Woher stammen die Planetesimals?
2. Wie vereinigten sich Planetesimals zum Planeten Erde?

Fortsetzung folgt.

Ozeanographische Forschung durch Satellitensysteme

M. BORK

Ziele der Ozeanographie

Die Oberfläche unserer Erde wird zu 70,7% von Wasser bedeckt. Von den insgesamt 360 701 000 km² Wasseroberfläche nehmen allein die drei Ozeane 320 900 000 km² ein. In der Vergangenheit konzentrierte sich die terrestrische Erforschung und Erkundung mittels der Astronautik zum überwiegenden Prozentsatz auf die Gebiete des Festlandes. Jedoch haben die Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen den Gebieten der Ozeane, des Festlandes und der Atmosphäre dazu geführt, die überaus große Bedeutung der Erforschung der Ozeane durch Satelliten für die physikalischen, chemischen und biologischen Abläufe auf unserem Planeten zu erkennen.

Die ersten Beobachtungen der Kosmonauten aus der Erdumlaufbahn und die gewonnenen Bilder aus Raumschiffen und Satelliten zeigten bereits frühzeitig, daß die Erforschung der Wasseroberflächen unserer Erde mit astronautischen Mitteln sinnvoll und effektiv sein kann. So wurden kontinuierlich immer mehr Meßapparaturen entwickelt und in immer stärkerem Maße in Satelliten und Raumschiffen eingesetzt. Heute haben die entwickelten Meßverfahren und die Sensortechnik bereits ein hinreichend hohes Niveau erreicht, deren Endstand jedoch heute noch längst nicht erreicht ist.

Folgende Parameter sind von besonderem Interesse: die Wassertiefe, die Rauigkeit der Meeresoberfläche (Wellenhöhe, Wellenlänge), die Wellenrichtung, der Wellengang, die Wassertemperatur als Funktion der Zeit und der Tiefe, der Salzgehalt, die chemische Zusammensetzung, die Art und der Umfang der Wasserverschmutzung, Farbe und strukturelle Beschaffenheit der Meeresoberfläche, wo und wie Meeresströmungen verlaufen, die Verteilung der Gezeitenwellen, die Verformung der Meeresoberfläche durch Stürme, die Ausbreitung von Seebebenwellen, die Größe und Bewegung der Eisdäcker mit Unterscheidung nach den verschiedenen Seeeisarten, Geschwindigkeit und Richtung der Oberflächenwinde, die Oberflächentopographie und die meteorologischen Prozesse über den Ozeanen.

All diese genannten Parameter lassen sich mit astronautischen Flugkörpern beobachten bzw. ermitteln. Die technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Satellitensensortechnik hat erstaunliche Möglichkeiten geschaffen. Zu den in der Vergangenheit verwendeten Sensoren gehören hauptsächlich optische Beobachtungsgeräte, wie etwa Fernseh- oder Fotokameras, die durch ihre Wetter- bzw. Tagesabhängigkeit für den operativen Einsatz wenig geeignet sind. Der Einsatz von radarähnlichen Geräten, die im Mikrowellenbereich arbeiten und daher wetterunabhängig sind, haben eine größere Bedeutung für die Zukunft.

Satellitensysteme der Vergangenheit

Bereits 1960 hat man die ersten Hinweise für die Einsatzmöglichkeiten von Satelliten für die Belange der Ozeanographie gewonnen. Dabei konnte jedoch noch nicht von ozeanographischer Forschung gesprochen werden, da die Einsatzprogramme ausschließlich auf meteorologische Prozesse in der Erdatmosphäre abgestimmt waren.

Tiros-Programm

Innerhalb dieses Programmes konnten erstmals Beobachtungen von Gebieten durchgeführt werden, die durch irdische meteorologische Bodenstationen nicht kontrollierbar waren. Sie ermöglichten es, die Entstehung von Sturmsyklogen, besonders im atlantischen und karibischen Raum, rechtzeitig zu erkennen, so daß die Bevölkerung

in den Küstengebieten und die Schifffahrt rechtzeitig gewarnt werden konnten. Ebenso konnte die Bildung von Eisbergen an der Küste Grönlands und Labradors beobachtet werden.

ESSA-Programm

Ebenso wie die Tiros-Satelliten, dienten die ESSA-Satelliten ausschließlich meteorologischen Belangen. Aus den Wetterbildern konnten jedoch zahlreiche ozeanographische Details erkannt werden. So waren z. B. die jahreszeitlichen Veränderungen vor der grönländischen Küste sehr gut zu interpretieren. Weiterhin konnte durch ESSA-8-Aufnahmen von der Ostsee eine Eiskarte angefertigt werden, die bereits eine Unterscheidung der einzelnen Seeeisarten zuließ.

Nimbus-Programm

Die ersten Experimente zur Bestimmung der Oberflächentemperatur der Meere wurden mit den IR-Sensoren von Nimbus-1 und Nimbus-2 durchgeführt. Dabei war die Genauigkeit der Messungen noch unzureichend, so daß man sich auf Meeresgebiete mit großen Temperaturunterschieden konzentrierte. Mit Nimbus-3 wurde dann ein 5-Kanal-Multispektrale-Meßgerät eingesetzt, das eine entscheidende Verbesserung der Genauigkeit von Temperaturmessungen zuließ. Mit Nimbus-4 wurden in den Jahren 1970 und 1972 die ersten Experimente zur Ortung von Eisschollen und Driftbojen durchgeführt. Dies waren die unmittelbaren Vorbereitungen für den Einsatz des ersten operativen Erkundungssatelliten „Landsat-1“. Nimbus-5 führte die ersten Versuche für den Einsatz von Mikrowellen-Spektrometern und Mikrowellen-Radiometern für das Studium des Emissionsvermögens in Abhängigkeit von der Rauigkeit der Meeresoberfläche durch.

NOAA-Programm

Durch diese Wettersatelliten konnten z. B. durch hochauflösende Radiometer für das Gebiet der südlichen Nordsee Andeutungen für thermische Inhomogenitäten, vor allem in der Nähe von Flußmündungen ermittelt werden. Diese ließen auf industrielle Verschmutzungen der Küstengewässer schließen. Ebenso hat man durch Nahaufnahmen des Mittelmeeres durch NOAA-1 erste Anhaltspunkte für das Zusammenspiel von Oberflächenwinden und Meeresrauigkeit sammeln können.

ATS-Programm

Durch die Wettersatelliten-Aufnahmen konnten erstmals die Wechselwirkungen zwischen Meeresströmungen und Wetterabläufen in der Atmosphäre im Atlantischen Ozean vor der Ostküste Amerikas nachgewiesen werden. Dadurch wurden die Wissenschaftler veranlaßt, künftig den Meeresströmungen in den Ozeanen mehr Bedeutung beizumessen.

Kosmos-Programm

Innerhalb des Kosmos-Programmes wurden zahlreiche Untersuchungen für die Belange der Ozeanographie unternommen. Zum überwiegenden Teil wurden die interessierenden Angaben aus Wetterbildern gewonnen. So wurden u. a. aus Aufnahmen der Satelliten Kosmos-122, 144, 156, 184, 206 und 226 mehrfach Wirbelstürme lokalisiert. Seit 1965 werden die Aufnahmen der Wetter-Kosmos-Satelliten routinemäßig für die Ermittlung des Eisbedeckungsgrades der den sowjetischen Küsten vorgelagerten Polarmeereen ausgewertet. Mit Kosmos-243 und später mit Kosmos-384 wurden die Oberflächentemperaturen der Ozeane mit einer Genauigkeit von ± 2 K gemessen.

Landsat-Programm

Die ersten operativen Einsatzsatelliten für die Erkundung und die Ozeanographie haben bereits bemerkenswerte Details geliefert. Bereits seit 1972 werden mit Land-

sat-1 über den Ozeanen Messungen durchgeführt. Die Satelliten dieses Programmes arbeiten ausschließlich mit passiven Sensoren. Außerdem bleiben die Messungen auf den sichtbaren, den nahen und den thermalen-IR-Bereich beschränkt. Das wesentlichste Instrument ist ein Multi-spektral-Scanner, der in 4 Frequenzkanälen Bilder aufnimmt, die eine geometrische Auflösung von etwa 80 m haben. Mit diesen Satelliten wurden u. a. Untersuchungen über die Art und den Umfang von Wasserverschmutzungen, Bestimmung der Wassertiefe in küstennahen Gebieten bis in eine Tiefe von 20 m mit einer Genauigkeit von 1 bis 2 m und die Kartierung von Eisfeldern mit Unterscheidung der verschiedenen Seeisarten durchgeführt. Besonders wichtig für die zukünftige Satellitennutzung ist das innerhalb dieses Programmes zum Einsatz gelangte DCP-System (Data Collecting Platform). Mit Hilfe dieses Übertragungssystems konnten von jedem Satelliten tausende Meßbojen funktionsfähig abgefragt werden, die z. B. Messungen über Temperaturverteilung als Funktion von Zeit und Tiefe, Windverhältnissen und Seegang ausführen. Ohne großen Aufwand wurde so die Möglichkeit geboten, beispielsweise im täglichen Rhythmus via Satellit an eine bestimmte Zentralstelle von einem großen Meßnetz die Daten zu übermitteln. Die Bojen haben neben den Meßwerten natürlich auch ihre eigene Kennung ausgesendet, so daß die Positionsdaten der Bojen ermittelt werden konnten und somit die Drift und die daraus resultierende Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden konnte.

Bemannte Raumfahrzeuge

Die von bemannten Raumflugkörpern gemachten Beobachtungen und Messungen fanden bald das Interesse der Meeresforscher. Die Berichte der ersten Kosmonauten weisen bereits darauf hin, ozeanographische Strukturen aus dem Weltraum zu beobachten. So konnte beispielsweise schon 1962 beim Flug von Mercury-6 deutlich der Golfstrom und überraschend viele Einzelheiten ausgemacht werden. Wenn auch in den ersten Raumschiffen (Wostok, Mercury) die Erderkundungsarbeiten auf die visuelle Beobachtung beschränkt blieben, so nutzte man die nachfolgende Raumschiff-Generation (Woschod, Sojus, Gemini, Apollo) hauptsächlich zur Erprobung von Aufnahmeapparaturen. Erst der Einsatz von Raumstationen (Salut-Sojus, Skylab-Apollo) bot die Möglichkeit, Langzeituntersuchungen auch auf dem Gebiet der Ozeanographie durchzuführen.

Wesentliche Fortschritte hatte man bereits bei Apollo-9 erzielt. Die Aufnahme von küstennahen Gebieten ließen eine Reihe interessanter Details erkennen. Mit der Raumstation Skylab sind u. a. Ozeanströmungen an der amerikanischen Atlantikküste beobachtet und fotografiert, die Chesapeake-Bay an der Ostküste der USA kartographiert, die Entstehung und Bewegung des Hurrikans „Christine“ beobachtet und fotografiert, die Oberflächenwinde der Ozeane gemessen sowie die Rauigkeit der Meeresoberfläche untersucht worden. Skylab-Messungen haben auch gezeigt, daß der Graben von Puerto Rico eine lokale Absenkung der Meeresoberfläche von etwa 10 m aufweist. In der Sowjetunion wurden seit Sojus-9 ebenfalls derartige Untersuchungen durchgeführt. Hierbei hat sich besonders der Einsatz von langlebigen Orbitalstationen vom Typ Salut bewährt. So wurde 1970 das Gebiet des Indischen Ozeans durch gleichzeitigen Einsatz von Wettersatelliten, Forschungsschiffen und dem Raumschiff Sojus-9 systematisch untersucht.

Die Beispiele der Vergangenheit zeigen, daß die Ozeanographie ein Wissenschaftszweig ist, der sehr komplex ist und dessen Erforschung im operativen Maßstab heute noch immense Schwierigkeiten aufwirft. Die zaghaften Anfänge zeigen jedoch, daß der beschrittene Weg richtig ist.

Satellitenprogramme der Zukunft

Die Ozeanographie erhofft sich durch den Einsatz von raumflugtechnischen Mitteln in der Zukunft einen bedeutenden Aufschwung. Die UdSSR setzt ihr Unter-

suchungsprogramm innerhalb der Salut-Raumstationen fort. Die USA verfügen gegenwärtig und in naher Zukunft nicht über die Möglichkeit, eine Raumstation für derartige Untersuchungen zu nutzen. Sie will dafür unbemannte Erdsatelliten einsetzen.

Das „Seasat-A“-Projekt

Seasat-A ist ein Satellit der NASA. Er ist der erste, speziell für die Belange der Ozeanographie vorgesehene Satellit. Der Start soll 1978 von Cape Canaveral erfolgen und der Satellit wird auf eine nahe polare Umlaufbahn mit einer Bahnhöhe von etwa 800 km gebracht werden. Er soll über eine Nutzlastkapazität von 400 kg und eine elektrische Leistung von etwa 500 W verfügen. Auf seiner Bahn wird er die Erde täglich 14½ mal umkreisen und somit in 36 Stunden jeweils 95% der Erdoberfläche überfliegen. Ausgerüstet soll er mit 5 Sensortypen werden, die vorwiegend im Mikrowellenspektrum arbeiten. Dadurch ist die Wetterunabhängigkeit und auch die Unabhängigkeit von Tag und Nacht gewährleistet. Als Ergänzung zu den Mikrowellen-Sensoren sollen aber auch noch Beobachtungen im sichtbaren und im IR-Bereich durchgeführt werden, um dort, wo es die Wetterbedingungen gestatten, auch diese vertraute Aufnahmetechnik und deren Informationen zu nutzen. Dieser Satellit hat die Aufgabe, experimentell nachzuweisen, daß mit den heute verfügbaren technischen Mitteln eine Vielzahl von in der Ozeanographie bedeutsamen Meßgrößen genügend genau und weltweit bestimmt werden können.

Gemessen werden sollen folgende Parameter:

1. Die Wellenhöhe mit einer Genauigkeit von 10% bzw. 0,5 m.
2. Die Wellenlänge und die Richtungen der Wellenausbreitung mit einer Genauigkeit von 10%.
3. Die Geschwindigkeit der Oberflächenwinde mit einer Genauigkeit von 2 ms⁻¹ oder 10%.
4. Die Richtung der Oberflächenwinde mit einer Genauigkeit von 10°.
5. Die Oberflächentemperaturen des Wassers mit einer absoluten Genauigkeit von 1,5°C und einer relativen Genauigkeit von besser als 1°.
6. Die Oberflächentopographie der Ozeane, also die mittlere Erdrückung über den Meeren und die lokale Abweichung der Meeresoberfläche davon, mit einer Genauigkeit von 10 cm.

Aus diesen Messungen lassen sich dann eine Fülle von Informationen für die praktische Anwendung herleiten; z. B. gewinnt man über die Temperaturfelder und die Oberflächenform die Aussage, wo und wie Meeresströmungen verlaufen bzw. wie sie ihren Verlauf als Funktion der Zeit verändern. Außerdem müssen sich bei Ozeanströmungen, die mehr als 30 cms⁻¹ Geschwindigkeit haben, Oberflächenneigungen aufgrund der Erdrotation zeigen, die mehr als 20 cm Höhenabweichung gegenüber dem Geoid bewirken. Die Messungen über Wind und Seegang führen zu einer Seegangsvorhersage. Es werden unter Zugrundelegung der topographischen Daten von Seasat-A wesentlich verbesserte Methoden für die ozeanographische Verteilung der Gezeitenwellen und der Verformung der Meeresoberfläche durch Stürme ermittelt werden können. Auch für die Erforschung der durch Seebeben verursachten Seebebenwellen, die sich mit mehr als 100 kmh⁻¹ ausbreiten und verheerende Schäden an den Küsten anrichten, sind die Daten von Seasat-A wissenschaftlich und praktisch äußerst bedeutsam.

Im Seasat-A werden bei fast allen Meßverfahren jeweils 2 der Sensoren und somit jeweils 2 unabhängige Meßverfahren zugleich relevante Ergebnisse liefern. Folgende 5 Instrumente sollen in ihm zum Einsatz kommen:

1. Ein Impuls-Höhenmesser. Er hat die Aufgabe, die mittlere Höhe zwischen dem Satelliten und der Ozeanoberfläche auf etwa 10 cm genau zu bestimmen. Zu diesem Zweck sendet er extrem kurze Impulse von etwa 1 ns aus. Diese

Mikrowellen-Blitze werden an der Meeresoberfläche reflektiert, so daß ein geringer Anteil der ausgestrahlten Energie auch wieder als Empfangssignal zum Satelliten zurückkehrt. Über eine genaue Laufzeitmessung ergibt sich eine genaue Vermessung der Satellitenhöhe über der Meeresoberfläche. Wenn man umgekehrt die Satellitenbahn selbst sehr genau vermißt, kann auf diese Weise die Meeresoberfläche exakt vermessen werden. Eine Genauigkeit von 10 cm erfordert aber eine extrem genaue Satellitenbahnvermessung. Die Bahn muß hierfür wesentlich genauer bestimmt werden, als man das üblicherweise bei Forschungsatelliten voraussetzt. Zwei spezielle Verfahren werden für dieses Projekt in Betracht gezogen: Die Laser-Entfernungsmessung und die Bahnbestimmung von Synchronsatelliten aus. Bei der Laser-Entfernungsmessung werden von mehreren Bodenstationen aus mittels Laser-Impulsen die Entfernungen zu dem Satellitenort als Funktion der Zeit ermittelt. Damit wären zwar Genauigkeiten bis zu einigen cm möglich, der technische Aufwand ist jedoch sehr groß. Außerdem kann die Laser-Ortung, wie jedes andere optische Verfahren, nur bei relativ klarem Wetter erfolgen.

Bei dem anderen Verfahren wird die Seasat-A-Bahn mittels Mikrowellen-Entfernungs- und Geschwindigkeitsmessung von einem Synchronsatelliten aus bestimmt. Synchronsatelliten können äußerst genau eingemessen werden und haben direkte Sicht zu dem niedrig fliegenden Satelliten. Mit 3 dieser sogenannten TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) kann die Bahn kontinuierlich vermessen werden. Der Impuls-Höhenmesser liefert aber nicht nur die mittlere Höhe des Satelliten, sondern ermöglicht es auch, aus der Verformung der empfangenen Signale gegenüber den Sendepulsen zusätzlich die Wellenhöhe zu bestimmen. Das erklärt sich so: Wäre die Wasseroberfläche glatt, dann würde bei senkrechtem Einfall des Signals die Energie auch von allen betreffenden Wasseroberflächen-Elementen gleichzeitig reflektiert, an der Signalform würde sich nichts ändern. Ist dagegen die Oberfläche rau, dann wird von den Punkten mit geringerem Abstand vom Satelliten, also den Wellenbergen, das Signal früher und von den Wellentälern später reflektiert; die Impulsform wird verwischt. Aus der Signalzeitdeckung kann direkt die Wellenhöhe ermittelt werden.

2.

Ein Mikrowellen-Scatterometer. Dies ist ebenfalls ein Sende- und Empfangsgerät. Hier wird aber nicht die Laufzeit, sondern die Signalstärke und die Dopplereffekt des rückgestrahlten Echos gemessen. Aus den Änderungen der Echostärken mit der Dopplereffekt lassen sich die Oberflächenrauigkeit, die Richtung der Wellenausbreitung und zum Teil auch die Beschaffenheit des Wassers bestimmen. Die Reflektionseigenschaft der Wasseroberfläche ist von der Rauigkeit, von der Wasserzusammensetzung und von dem Sichtwinkel abhängig. Das Verhältnis von gesendeter zu empfangener Strahlung wird also bestimmt durch eine Reihe von Oberflächenmerkmalen und ist eine sehr komplizierte Funktion der eben erwähnten Einflußgrößen. Trotzdem ist eine Entschlüsselung möglich.

Das Scatterometer strahlt die Sendeleistung vom Satelliten nach vorn aus und empfängt auch aus dieser Richtung die von der Meeresoberfläche reflektierten Impulse. Ein vom Satelliten aus gesendeter weit vorn liegender Punkt der Meeresoberfläche wird zunächst unter sehr flachem Winkel angestrahlt, dann mit zunehmender Annäherung des Satelliten unter immer steilerem Einfallswinkel, bis er schließlich beim Überfliegen senkrecht bestrahlt wird. Die Winkelabhängigkeit der Reflektion ist also im reflektierten Signal als Zeitfunktion enthalten. Eine systematische Trennung der Signale in unterschiedliche Winkelsegmente erzielt man dadurch, daß zu unterschiedlichen Einstrahlwinkeln auch unterschiedliche Dopplereffektfrequenzen gehören, denn solche Signale, die an der Wasseroberfläche senkrecht unter dem Satelliten reflektiert werden, haben keine Dopplereffektverschiebung gegenüber den Satellitensignalen, während jene Signale, die fast am Horizont eingestrahlt

werden, maximale Dopplereffektverschiebung aufweisen. Durch systematische Ordnung der Empfangssignale nach der Dopplereffektverschiebung wird die Eliminierung des Winkelseinflusses möglich. Über die Rauigkeit der Meeresoberfläche erhält man eine Auskunft durch die Polarisation der Mikrowellen. Die Rauigkeit depolarisiert die Mikrowellen durch Vielfachstreuung. Man mißt die Polarisationsdrehung zwischen Sende- und Empfangssignal und kann daraus direkt die Rauigkeit ermitteln.

Für die chemische Zusammensetzung des Wassers ist es zweckmäßig, mit mehreren Mikrowellenfrequenzen gleichzeitig die Messungen durchzuführen. Das Seasat-A-Scatterometer beschränkt sich noch auf 2 Frequenzen. Zukünftig wird der Einsatz von 3 und mehr Frequenzen sinnvoll sein. Dieses Scatterometer ist also nur ein vielversprechender Anfang und für die Ermittlung von Windamplitude und Windrichtung aus der Oberflächenrauigkeit vorgesehen.

3.

Ein Radar-Gerät mit Synthetic-Aperture-Antenne. Dies ist ein sehr aufwendiges, aber wichtiges Gerät. Es liefert Bilder der Meeresoberfläche. Die Funktionsweise von Radargeräten kann als bekannt vorausgesetzt werden. Für die Anwendung im Seasat-A, durch die Verwendung der sogenannten Synthetic-Aperture-Antenne, ist es möglich, die geometrische Auflösung wesentlich zu erhöhen. Bei Seasat-A soll sie etwa 25 m betragen, während mit der üblichen Radar-Empfangsart die Auflösung höchstens in der Größenordnung von mehreren km möglich wäre. Dieses Gerät wird für die Bestimmung der Wellenlänge, der Wellenverteilung, der Wellenrichtung und der Eisflächen verwendet.

4.

Ein Mikrowellen-Radiometer. Während die bisher beschriebenen Meßgeräte auf dem aktiven Meßprinzip beruhen, gehört dieses Gerät zu den passiven Verfahren. Es besteht im wesentlichen aus einem Empfänger, einer Empfangsantenne sowie Frequenzfiltern, die den Empfang auf die interessierenden Bereiche abstimmen. Es werden 6 Frequenzkanäle benutzt. Gemessen wird die Eigenstrahlung der Wasseroberfläche. Die Intensität dieser Strahlung ist von dem Frequenzbereich, der Körpertemperatur und der Materialbeschaffenheit abhängig. Das Radiometer kann somit als Fernthermometer benutzt werden. Man kann das Anzeigergerät, das die empfangene Strahlenleistung mißt, direkt in °C eichen. Das Radiometer von Seasat-A wird für die Messung der Oberflächentemperatur verwendet. Ferner werden damit für die anderen Sensoren Korrekturgrößen, z. B. bezüglich der Atmosphären-einflüsse, gemessen.

5.

Ein Radiometer für den sichtbaren und IR-Spektralbereich. Auch dies ist ein passives Gerät. Im sichtbaren Bereich wird dabei die an der Wasseroberfläche reflektierte Strahlung des Sonnenlichtes gemessen. Dieser Teil des Gerätes funktioniert also nur bei Tag und bei klarer Sicht. Der IR-Bereich (Thermalbereich) läßt sich, soweit die Sicht nicht durch Wolken verdeckt ist, sehr gut für Temperaturmessungen der Wasseroberfläche verwenden. Er hat den Vorteil, daß auch Nachts Meßwerte geliefert werden, da ja die Eigenstrahlung des Wassers gemessen wird.

Das „Nimbus-G“-Projekt

Auch in diesem Satelliten ist ein sehr vielversprechendes System installiert. Es handelt sich hierbei um den 7. Forschungssatelliten der Nimbus-Serie, die von der NASA vorwiegend für die Belange der Meteorologie entwickelt worden ist. Er soll 1978 gestartet werden und mit einem sehr empfindlichen optischen Sensor vor allem küstennahe Gebiete der Ozeane vermessen. Die Flugbahn soll so gewählt werden, daß bei schönem Wetter alle 5 bis 6 Tage jedes beliebige Küstengebiet überflogen wird, so daß die Konzentration an Chlorophyll, an Gelbstoffen sowie an organischen und anorganischen Verschmutzungen studiert

werden kann. Auch die Mischprozesse, die sich beim Einlassen von Abwässern in Küstengebieten abspielen, die Veränderungen an den Wassertemperaturen als Funktion der Zeit und des Ortes sowie die Ausbreitung der Ölverschmutzung können damit weltweit studiert werden.

Es stellt sich die Frage, ob solche erst in der Planung befindlichen Satellitenprojekte auch realistisch sind. Dies ist zweifelsfrei mit ja zu beantworten. Die entsprechenden Satellitentechnologien befinden sich auf dem hierfür erforderlichen Stand der Technik, während die Sensortypen bereits alle erfolgreich in Flugzeugen sowie in Apollo- und Skylab-Flügen erprobt worden sind. Sie kommen in diesen Satellitenprojekten nur in verbesserter Form und vor allem, im Seasat-A, gemeinsam zum Einsatz. Man kann also erwarten, daß die einzelnen Instrumente zuverlässig und genügend genau arbeiten werden.

Bericht vom 27. Internationalen Astronautischen Kongreß

HORST HOFFMANN

Vom 10. bis 16. Oktober 1976 fand im Convention Center von Anaheim bei Los Angeles (USA) der 27. Jahreskongreß der Internationalen Astronautischen Föderation statt. Die 1950 von 11 Mitgliedern in Paris gegründete Internationale Astronautische Föderation (IAF) ist heute die größte nichtstaatliche Organisation von Raumfahrtforschern und Raketentechnikern, die 58 Mitgliedergesellschaften aus 37 Ländern mit annähernd 60000 Einzelmitgliedern umfaßt. Jedes Land ist durch eine Organisation als stimmberechtigtes Mitglied vertreten. Einige Staaten sind darüber hinaus noch durch nichtstimmberedigte Gesellschaften präsent (Italien 5, USA 4, Frankreich, Großbritannien und Schweiz je 2, Argentinien, BRD, Griechenland, Japan, Jugoslawien und Spanien je eine). Die Hauptsetzungspunkte der IAF umfassen: Verbreitung und Förderung der technischen und wissenschaftlichen Forschungen sowie des allgemeinen Interesses für alle Probleme der Raumfahrt; Beschränkung der Raumfahrtunternehmen auf friedliche und nichtmilitärische Ziele; Austausch und Verbreitung von Untersuchungsberichten und technischen Informationen; Information der Öffentlichkeit mit allen modernen publizistischen Mitteln; Förderung von wissenschaftlichen Arbeiten an Einzelproblemen der Raketen- und Raumfahrttechnik; jährliche Veranstaltung eines Internationalen Astronautischen Kongresses, der jeweils von der Mitgliedergesellschaft des Gastgeberlandes ausgerichtet wird. Auf dem 11. Internationalen Astronautischen Kongreß 1960 in Stockholm wurde die Astronautische Gesellschaft der DDR als stimmberechtigtes Mitglied in die IAF aufgenommen.

Seit 1955 wird auf Anregung und unter fachlicher Beteiligung der IAF die Zeitschrift „Astronautica Acta“ in Wien als internationales fachwissenschaftliches Publikationsorgan herausgegeben. 1960 wurden als wissenschaftliche Institutionen der IAF die Internationale Astronautische Akademie (IAA) und das Internationale Institut für Weltraumrecht (IISL) gegründet, die wie das IAF-Sekretariat ihren Sitz in Paris haben. Die IAA ist eine Körperschaft mit individuell, nach wissenschaftlicher Leistung berufenen Mitgliedern und untergliedert sich in drei Sektionen: Grundlagenwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Lebenswissenschaften. Gegenwärtig hat die IAA 512 Mitglieder aus 29 Ländern und 11 Ehrenmitglieder. Prof. Dr. Brunolf Baade, Direktor des Instituts für Leichtbau in Dresden war bis zu seinem Tode korrespondierendes Mitglied der Sektion Ingenieurwissenschaften, Prof. Dr. Man-

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß in den nächsten Jahren die Ozeanographie von der Experimentalphase in den operativen Einsatz überleitet wird. Der zu erwartende Nutzen für die angrenzenden Bereiche ist jedoch heute noch nicht abzusehen.

Literatur:

1. Lexikon der Raumfahrt, Heinz Mielke, Aug. 1970.
2. Raumflugkörper, Pfaffe/Stache, Aug. 1973.
3. Typenbuch der Raumflugkörper, Pfaffe/Stache, Aug. 1964.
4. Weltraum und Erde, Band I, Transpress-Verlag, Aug. 1975.
5. Diverse Pressemeldungen.
6. Aufzeichnungen des Autors.

fred von Ardenne, Direktor des Forschungsinstitutes Manfred von Ardenne in Dresden, wurde in die IAA wegen seiner Verdienste auf dem Gebiet der Plasmaphysik berufen. Das IISL hat 400 individuell ausgewählte Mitglieder aus 48 Ländern. Seit Gründung gehört Prof. Dr. Gerhard Reintanz von der Martin-Luther-Universität Halle zu den 11 Mitgliedern des Kollegiums des IISL. Auf dem 27. IAF-Kongreß in Anaheim war die DDR durch Dr. Eberhard Hollax, Vizepräsident der Astronautischen Gesellschaft der DDR und Horst Hoffmann, Mitglied des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR vertreten.

350 Vorträge in 45 Sektionen

In Anaheim berieten fast 1000 Wissenschaftler und Techniker in 45 Sektionen, in denen rund 350 Vorträge gehalten wurden. Im einzelnen handelt es sich um folgende Arbeitsgebiete:

Antriebe; Apollo-Sojus-Ergebnisse; Astrodynamik I: Natürliche Bewegungen, II: Optimierung, III: Bewegungen um Massenzentren und flexible Satelliten; Ausbildung; Bioastronautik I: Raumfahrtmedizin, II: Lebenserhaltung; Bordenergiesysteme; Erde- und Ozeandynamik; Flug in Planetenatmosphären; Fortgeschrittene Raumflugkörper-Elektronik; Große Energiesysteme im Weltraum; Integration von Leichter-als-Luft-Systemen (LAS) und Weltraum-Plattformen; Mikrowellen-Erdbeobachtung;

Nachrichtensatelliten I: Systeme, II: Experimente, III: Technologien; Neue Ergebnisse: Möglichkeiten zukünftiger Zusammenarbeit in der neuen Ära des Raumtransportes; Sonnenforschungssysteme; Studentenkonferenz; Überschau von Experimental- und Modellraketen; Veränderung des Aufbaus der Oberen Atmosphäre; Werkstoffbearbeitung im Weltraum; Werkstoffe und Strukturen; Weltraum-Datenverarbeitung und -verbreitung; Wissenschaftliche Raumflugkörper I: Aufbau und Technologie, II: Instrumente und Operationen; Zuverlässigkeits- und Wirtschaftlichkeits-Analysen;

3. Internationales Symposium über Weltraum-Relativität; 5. Internationales Übersichtsmeeting über Kommunikation mit außerirdischer Intelligenz (CETI), veranstaltet durch die IAA; 6. Internationales Symposium über Kostenreduzierung bei Weltraumoperationen, veranstaltet durch IAA; 7. IAF-Einführungsvorlesung und Forumdiskussion: „Eine neue Ära des Raumtransportes“; 9. Internationales Symposium über Raumtransport- und -sicherheit, veranstaltet durch die IAA; 10. Internationales Symposium über Geschichte der Raumfahrt, veranstaltet durch die IAA; 19. Colloquium des Internationalen Instituts für Weltraumrecht (IISL) I: Die Zukunft des Weltraumrechtes, II: Weltraumrecht und Energie, III: Andere Probleme.

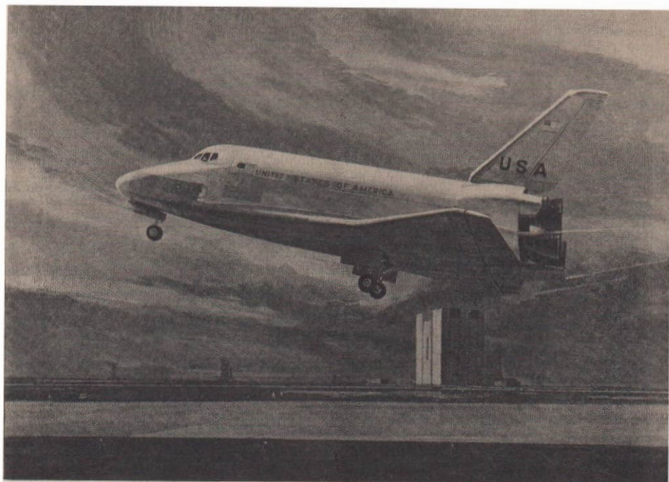


Abb. 1: Der ORBITER des SHUTTLE-Systems im Landeanflug. Er kehrt im Gleitflug zur Erde zurück und landet wie ein Flugzeug (ASN, Juni 1976).

Potenzen und Probleme des Space Shuttle

Der Transport von Nutzlasten in den Weltraum und die internationale Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Kosmos waren die beiden Hauptthemen des IAF-Kongresses, die besonders auf der Eröffnungsveranstaltung und der Generalversammlung der Mitgliederorganisationen, aber auch in den einzelnen Fachsektionen beraten wurden. Dazu hielt der Direktor der NASA, Dr. James Fletcher, die 7. IAF-Einführungsvorlesung zum Thema „Eine neue Ära des Raumtransportes“. In der anschließenden Forums-Sektion über zukünftige Programme sprach u. a. auch der Direktor des Space Shuttle Programms Dr. M. S. Malkin.

Unter dem Begriff Space Transport System (STS) faßt man heute folgende Elemente zusammen:

Der Space Shuttle (Raumpendler) dient dem Transport zwischen Erde und erdnahen Umlaufbahnen. Er besteht aus dem Orbiter (Umlaufeinheit), einem Außentank und zwei Feststoffraketen für die Starthilfe.

Das Spacelab (Raumlaboratorium) ist als Großcontainer für den Space Shuttle vorgesehen und soll zwei bis vier Wissenschaftlern für die Dauer von sieben bis 30 Tagen Arbeitsmöglichkeiten bieten. Für seine Entwicklung zeichnet die westeuropäische Raumfahrtbehörde ESA verantwortlich.

Die drallstabilisierte Feststoffraketenoberstufe stellt einen integralen Bestandteil des Raumtransportsystems dar. Sie soll Raumflugkörper auf mit dem Shuttle allein nicht erreichbare Höhen bringen. Bis 1991 werden etwa 50% aller geplanten Nutzlasten auf Umlaufbahnen von über 835 km zu bringen sein, die mit dem Orbiter allein nicht zu erreichen sind.

Das Long Duration Exposure Facility LDEF, der Nutzlastträger für Langzeitversuche, ist ein Container mit 72 Kammern für den sechs- bis siebenmonatigen Einsatz.

Die einzelnen Nutzlastfächer werden an Kunden vermietet.

Der Space Tug (Raumschlepper) ist ein Projekt, das 1975 als wiederverwendbares Fahrzeug definiert wurde. Er soll unbemannte Raumflugkörper auf geosynchrone, polare oder Bahnen anderer Inklination transportieren und wieder zurückbringen sowie in Sonnenumlaufbahnen einschleusen. Später könnte er auch Besatzungen geostationärer Raumstationen zwischen Erde und Orbit transportieren.

Der Orbiter (Umlaufeinheit) des Shuttle ähnelt einem Flugzeug und hat etwa die Größe der DC-9. Für seinen Antrieb sorgen drei Flüssigkeitsraketenmotoren, der Laderaum hat eine Länge von 18,3 m und einen Durchmesser von 4,6 m. Im Raumtransporter haben ein Bordkommandant, ein Pilot, ein Einsatzspezialist und bis zu vier Nutzlastspezialisten Platz. Gestartet wird vertikal, gelandet horizontal. Beim Einsatz gibt es vier Grundphasen:

1. Start und Einschub in die Umlaufbahn. — 2. Betrieb auf der Umlaufbahn. — 3. Verlassen der Umlaufbahn und Landung. — 4. Überholung und Neuausrüstung.

Während des IAF-Kongresses hatten wir Gelegenheit, den Herstellerbetrieb, die Rockwell International, seinen Unternehmensbereich Raumfahrt in Downey bei Los Angeles und die Space Shuttle Facility in Palmdale am Rande der Mohavewüste zu besichtigen. Der Orbiter OV-101 war zu dieser Zeit nach seinem ersten Ausrollen am 17. September 1976 wieder in die Montagehalle zurückgebracht worden. Auf Drängen zahlreicher TV-Fans hatte der damalige Präsident Ford diese erste Umlaufeinheit nach dem Raumschiff aus der amerikanischen Fernsehserie „Star Trek“ (Sternenzug) auf den Namen „Enterprise“ (Unternehmungsgelst) getauft. Damit setzte er sich über den Wunsch des NASA-Hauptquartiers hinweg, das die Raumfähre zu

Ehren des 200. Jahrestages der Unabhängigkeitserklärung der USA „Constitution“ (Verfassung) nennen wollte. Die Erprobung des Space Shuttle erfolgt in vier Haupt-etappen:

1. Im ersten Quartal 1977 fanden fünf Flugsimulationen der Raumfähre statt, bei denen die unbemannte „Enterprise“ huckepack von einer Jumbo Jet auf 8000 m Höhe transportiert wurde. Diese Experimente dienten der Erprobung der Flugstabilität. Zu diesem Zweck hatte die NASA von der Trans World Airlines eine Boeing 747-100 gekauft. Zur besseren Stabilisierung erhielt der Düsenclipper unter dem Rumpf und am Höhenruder zusätzliche Flossen.

2. Im zweiten Quartal 1977 finden ebenfalls fünf Huckepackflüge statt, bei denen die „Enterprise“ jedoch bemannt ist. Zur ersten Shuttle-Crew gehören der Apollo 13-Astronaut Fred W. Haise (42) als Kommandant und Charles G. Fullerton (39) als Pilot; zur zweiten Joe H. Engle (43) als Kommandant und Richard H. Truly (38) als Pilot.

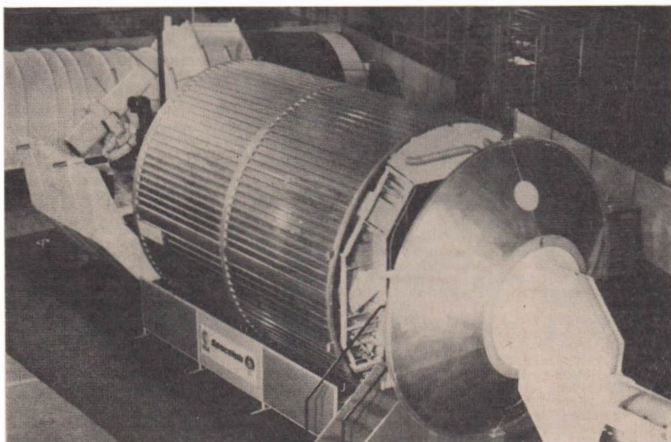
3. Im dritten Quartal 1977 beginnen die bis 1978 dauernden acht Landetests, bei denen die bemannte „Enterprise“ während des Huckepack-Fluges von der Boeing 747 getrennt wird und automatisch gesteuert ohne Antrieb zur Erde gleitet. Zunächst bringt der Jumbo Jet den Orbiter auf mindestens 8230 m Höhe. Im leichten Sinkflug erhöht der Pilot dann die Geschwindigkeit der Kombination. Das Abtrennen erfolgt in etwa 7315 m Höhe bei 486 km/h. Um eine Kollision zu vermeiden, ist die „Enterprise“ mit einem Anstellwinkel von acht Grad auf der Boeing montiert und passiert bei der Abtrennung innerhalb von drei Sekunden dessen Leitwerk. Das Großraumflugzeug selbst fliegt ebenfalls mit einem hohen Anstellwinkel, damit sich der Orbiter leicht nach hinten und oben lösen kann. Landeklappen und Fahrgestell sind dabei ausgefahren, um die Geschwindigkeit zu reduzieren. Die maximale Geschwindigkeit während des Endanfluges beträgt 537 km/h und der Gleit-

winkel 14 Grad mit Verkleidung des Hecks (um den Luftwiderstand zu verringern und die Turbulenz im Bereich des Seitenleitwerkes der Boeing 747 in Grenzen zu halten) sowie 24 Grad ohne. Nach Abschluß dieser Erprobung wird die OV-101 ins Marshall Space Flight Center der NASA zu Vibrationsversuchen in vertikale Lage gebracht und anschließend in Palmdale in die Konfiguration für orbitale Einsätze umgerüstet.

4. 1979 sollen dann drei bemannte Experimente durchgeführt werden, bei denen das gesamte Shuttle-System – Orbiter, Außentank und Starthilferaketen vertikal vom Kennedy Space Center in Florida startet und nach kurzen Orbitalflügen auf einer der Spezialpisten landet. Als Startort ist neben Cape Canaveral (76%) die Vandenberg Air Force Base in Kalifornien vorgesehen (24%); als Landepiste sind geeignet: das Kennedy Space Center in Florida, die Vandenberg Air Force Base in Kalifornien, die Edwards Air Force Base in Kalifornien und White Sands in Neu-Mexiko. Der erste bemannte Orbitalflug ist für März 1979 mit der Umlaufzeit OV-102 vorgesehen. Am 15. Juli 1980 um 9.00 Ortszeit soll dann der erste Spacelab-Einsatz erfolgen. 1981 beginnen die regulären Shuttle-Missionen und bis 1982 soll die wiederverwendbare Raumfähre endgültig die bisher verwendeten „Einwegraketen“ ablösen. Zunächst werden drei Exemplare des Space Shuttle produziert. Zwei weitere Einheiten, die bis Mitte der 80er Jahre folgen sollen, sind noch offen. Kritiker des Programmes weisen deshalb darauf hin, daß bei Verlust auch nur eines Space Shuttle ein Drittel der gesamten amerikanischen Startkapazität verloren ginge.

So fortgeschritten die Technologie der Raumfähre ist, ihre Ökonomie entwickelt sich ständig rückläufig. Der Traum vom billigen Raumflug ist längst ausgeträumt. Die NASA glaubte noch Anfang der 70er Jahre, mit dem Shuttle die Transportkosten für Weltraum-Nutzlasten gegenüber den „Wegwerfraketen“ auf $\frac{1}{10}$ senken zu können. Doch schon heute steht fest, daß mit der Raumfähre der Aufwand im günstigsten Fall halbiert, im Normalfall kaum geringer sein wird als bei den „Verstraketen“.

Abb. 2: SPACELAB-Modell auf einer Ausstellung in Cape Canaveral (Spacelab-Report 3/76).



Von 10,5 Millionen Dollar stiegen die reinen Flugkosten auf 18 bis 24 Millionen Dollar pro Einsatz auf einer 200 km hohen Umlaufbahn. Für den Transport auf eine 36000 km hohe Synchronbahn kommen mindestens eine Million Dollar für die notwendige Raketenoberstufe hinzu. Weitere Kosten in Höhe von 8 Millionen Dollar fallen an für die Integration des Spacelab in den Space Shuttle und die Betriebskosten für einen Sieben-Tage-Einsatz. Bis 1980 wird mit Gesamtkosten pro Mission von rund 40 Millionen Dollar gerechnet — dem vierfachen des Ausgangswertes. Dabei sind die Entwicklungskosten des Systems in Höhe von über 9 Milliarden Dollar nicht berücksichtigt.

Die enorme Verteuerung hat vor allem folgende Ursachen:

Zwei Drittel der zusätzlichen Kosten entfallen auf die inflationistische Dollarabwertung, die von der NASA durchschnittlich mit bis zu 10 % pro Jahr veranschlagt wird.

Verteuernd wirkt sich auch der Verzicht auf die Wiederverwendbarkeit einzelner Bestandteile des Shuttle-Systems aus. So gehen nach der jetzigen Version von den fünf Elementen — Umlaufeinheit, Außentank, zwei Startstufen und eine Raketenoberstufe — außer dem Orbiter die vier anderen verloren.

Inzwischen hat sich auch herausgestellt, daß die Umlaufeinheit nicht wie vorgesehen 100mal, sondern nur 50mal wiederverwendbar ist. Die 12,5 mal 12,5 cm großen Platten aus Siliziumkarbid und der Überzug aus pyrolytischem Kohlenstoff-Faser-Verbundstoff für den Hitzeschutz hielt bei Tests nur 20 bis 60mal den Belastungen stand.

Schließlich kann die NASA höchstens mit einer durchschnittlichen Auslastung der Raumfähre von 75 % rechnen. Aber das auch nur dann, wenn etwa je ein Drittel der Aufträge vom Pentagon bzw. von anderen Kunden kommen. Nach bisherigen Plänen sind für den Zeitraum von 1980 bis 1994 insgesamt 725 Shuttle-Einsätze mit 986 Nutzlasten vorgesehen. Sie sollen zu 37 % von der NASA, zu 30 % vom Pentagon und zu 33 % von anderen Kunden getragen werden.

Die Diskrepanz zwischen der Shuttlekapazität und der Auftragslage wird daraus deutlich, daß die NASA von 1972 bis 1976 jährlich im Durchschnitt 27 Raumflugkörper startete, der Nutzlastcontainer LDEF aber, der bereits ab Juli 1979 einsatzbereit sein soll, allein 72 Kamern besitzt, die an Kunden vermietet sein wollen.

Kooperation und Koexistenz im Kosmos

In der Forums-Diskussion über die weitere Zusammenarbeit bei der friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraumes nannte der Vorsitzende des Interkosmos-Rates, Akademiemitglied Prof. Dr. Boris Petrow das „Sojus-Apollo-Test-Projekt SATP“ eine grundsätzliche Erfahrung, die in Zukunft weitere gemeinsame Unternehmungen erwarten läßt. Die Voraussetzungen für eine Erneuerung des Abkommens zwischen der UdSSR und den USA sind also gegeben. Dieser 1972 abgeschlossene Vertrag auf der Grundlage der friedlichen Koexistenz hat eine Gültigkeitsdauer von fünf Jahren. Auch der stellvertretende NASA-Direktor für Internationale Angelegenheiten Dr. Arnold Fruitkin bekräftigte in Anaheim: „Es existieren vernünftige Bedingungen für eine Verlängerung des Kontraktes.“ Nach dem IAF-Kongreß in Los Angeles fand vom 19. bis 22. Oktober 1976 im NASA-Headquarter eine gemeinsame sowjetisch-amerikanische Beratung über die Weiterführung der Kooperation zwischen den beiden führenden Raumfahrtstaaten statt. Dort wurden folgende Vorschläge für gemeinsame Experimente erörtert:

Die Organisierung der gemeinsamen Überwachung der Ozonschicht unserer Atmosphäre durch Erdsatelliten bis 1980.

Der Aufbau eines gemeinsamen Netzes von geostationären Satelliten für einen internationalen Katastrophendienst, insbesondere bei Havarien in der Schifffahrt und Luftfahrt.

Weiterführung der Gespräche über gemeinsame benannte Raumflüge für die Zeit nach 1981, wenn die amerikanische Raumfähre voll einsatzbereit ist. Die Experten halten Rendezvous zwischen einer sowjetischen Orbitalstation vom Typ Salut, einem Sojus-Raumschiff und dem Orbiter des amerikanischen Space Shuttle für möglich. Dafür könnten die beim SATP 1975 erfolgreich erprobten androgynen Kopplungsadapter verwendet werden.

Inzwischen fand im November 1976 in Moskau eine Beratung von Spezialisten für Raketenmeteorologie aus der UdSSR und den USA statt, die auf der Grundlage einer Vereinbarung zwischen der Akademie der Wissenschaften und der NASA von 1971 zusammenarbeiten. Dort wurden gemeinsame Tests von meteorologischen Raketen-Systemen beider Länder verabredet. Die ersten Versuche mit Wetterraketen finden im August 1977 auf dem Wallops Flight Center in Virginia statt.

DDR-Beiträge in Los Angeles

Dr. Eberhard Hollax, Vizepräsident der Astronautischen Gesellschaft der DDR und Dr. Hans-Joachim Fischer, Direktor des Instituts für Elektronik der Akademie der Wissenschaften der DDR, legten der Sektion 31 „Bordenergiesysteme“, eine Studie über „Fortgeschrittene elektrochemische Energiequellen“ vor. Diese gibt einen Überblick über die drei Haupttypen sowie die gegenwärtigen und zukünftigen Generationen.

Zur ersten Gruppe gehören die sogenannten Primärbatterien, die ähnlich wie die Taschenlampenbatterien nicht aufladbar sind. Zu Beginn der Raumfahrt waren das vor allem Silber-Zink-Elemente, deren Leistungsdichte 350 Watt-Stunden pro Kilogramm beträgt. Sie werden heute vor allem als Reservebatterien, gewissermaßen als „Notstromaggregate“ benutzt. Zukünftig werden immer stärker Lithium-Batterien für den gleichen Zweck und auch für Raketenstarts Verwendung finden. Sie geben eine Energie bis zu 450 Watt-Stunden pro Kilogramm ab.

Den zweiten Haupttyp bilden die Sekundärbatterien, die durch jene „Sonnenpaddel“ genannten Solarzellenauflager an Satelliten, Raumschiffen und Orbitalstationen aufgeladen werden. Solche Nickeloxid-Kadmium-Zellen speichern Energie und dienen als „Pufferbatterien“ in jenen Spitzenzeiten, wenn der Raumflugkörper mehr Strom benötigt, als die Solarzellen liefern. Pro Quadratmeter „Sonnenpaddel“ können etwa ein Kilowatt erzeugt werden. Von der nächsten Generation der Sekundärbatterien, den Nickeloxid-Wasserstoff-Zellen wird die zwei bis vierfache Leistungsdichte erwartet.

Die dritte Gruppe elektrochemischer Energiequellen umfaßt die kontinuierlich arbeitenden Brennstoffzellen. Während die Elektroden unverändert bleiben, werden ihr ständig Reaktionsstoffe zugeführt und in Energie umgesetzt. Am bekanntesten ist die Knallgaszelle, die mit Wasserstoff und Sauerstoff arbeitet. Sie ist gut geeignet für die Strom- und Wasserversorgung bemannter Raumflugkörper. Bei geringstem Gewicht bringt die Brennstoffzelle Leistungen bis zu 20 Kilowatt für 2- bis 20tägigen Betrieb. Gegenwärtig wird an solchen Energiequellen gearbeitet, die wartungsfrei 2000 bis 3000 Stunden lang ständig 50 bis 70 Watt pro Kilogramm leisten. In Zukunft sind sogar Brennstoffzellen zu erwarten, die 5000 bis 10000 Stunden lang kontinuierlich 100 Watt liefern. Theoretisch wird sogar der Kraftwerkseinsatz im Megawattbereich erogen.

Auf der Studentenkonferenz der IAF fand ein Beitrag von Bernd Schildwach, Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, und Bernd Kirchner, Institut für Elektronik der Akademie der Wissenschaften der DDR in Berlin-Adlershof, großes Interesse. Er befaßte sich mit einer neuen Methode, die D-Schicht der Ionosphäre zu erforschen. Das geschieht, indem die Ausbreitung von Wellen niedriger Frequenz gleichzeitig von Raketen und Bodenstationen gemessen wird. Auf diese Weise läßt sich ein Profil der Elektronendichte dieses Plasmas gewinnen. Die Ausbreitung von Radiowellen in der Ionosphäre ist nämlich von

zwei Bedingungen abhängig: von der Konzentration der Elektronen und der Anzahl der Kollisionen. Das vorgestellte Verfahren kommt also unmittelbar der Nachrichtentechnik zugute.

Zum Abschluß des Kongresses wurden neu gewählt als:

Präsident der IAF: Prof. Dr. M. Barrere (Frankreich)
Vor-Präsident: Prof. Dr. L. Jaffe (USA)
Vize-Präsidenten: Prof. Dr. L. Sedow (UdSSR); Prof. Dr. R. Pešek (ČSSR); Prof. Dr. G. Marx (UVR); Prof. Dr. S. Salto (Japan); Prof. Dr. E. Knoernschild (BRD).

Folgende Wissenschaftler der DDR wurden für IAF-Funktionen von der Generalversammlung bestätigt:

Dr. E. Hollax: Mitglied des Programmkomitees; Vorsitzender der Sektion Bordenergiesysteme; Stellvertretender Vorsitzender des Studentenkomitees.
Dr. H.-J. Fischer: Vorsitzender der Sektion Kommunikationsatelliten.
B. Schildwach: Mitglied des Studentenkomitees.

Der 28. Internationale Astronautische Kongreß findet vom 26. September bis zum 1. Oktober 1977 in Prag, ČSSR, Hotel International, statt.

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung der Umgebung des Großen Roten Flecks 1975/76

JÖRG MOSCH

Im Interesse möglichst aussagekräftigen Beobachtungsmaterials wurde in der letzten Beobachtungsperiode von den bisher durchgeführten Übersichtsbeobachtungen abgegangen, da eine Gesamtüberwachung des Planeten kaum von einem einzelnen Beobachter zu schaffen ist, selbst wenn ihm dafür sehr viel Zeit zur Verfügung stehen sollte. Wegen der Positionsbestimmung des GRF bot sich dessen Umgebung als Überwachungsobjekt an. Außerdem ist diese Gegend schon immer ein Gebiet besonders auffälliger Veränderungen gewesen. So konnte ohne erheblichen Zeitaufwand eine zusätzliche Beobachtungsreihe realisiert werden. Trotz der relativ guten Sichtbarkeitsbedingungen (positive Deklination) war das Anfertigen einer Zeichnung nicht immer möglich. Auch waren viele ZM-Passagen wegen schlechter Witterungsbedingungen nicht beobachtbar.

Als Instrument diente ein azimutal montierter Fraunhoferscher Refraktor 80/1200 der Firma G. Heyde, Dresden. Wegen der geringen Temperaturempfindlichkeit wurde er dem nicht ständig fest aufgestellten Cassegrain-Spiegelteleskop 150/900/2250 vorgezogen. Außerdem erlaubte das transportable Gerät eine Vergrößerung der Beobachtungsperiode gegenüber dem stationären Säulenstativ. Eine 120fache Vergrößerung mit einem orthoskopischen Okular $f = 10$ mm lieferte sehr gute Bilder. Der Kontrast wurde bei allen Beobachtungen mit den Filtern VG 8 (grün) und GG 7 (gelb) verstärkt. Die letzte Beobachtung, am Condé-Refraktor 150/2250 der Volkssternwarte „Adolph Dieserweg“, Radebeul, brachte die größte Sicherheit.

Im Folgenden die wichtigsten Angaben zu den Detailzeichnungen S. I.

Nr.	Beobacht.-Zeit					ZM II Zeichn.	ZM II GRF	Vergr.	Filter
	a	m	d	h	min				
1	1975	09	22	21	37	47:7	39:3	120×	VG 8
2			24	21	55	359:4	40:6	120×	VG 8
3		10	26	19	20	38:6	43:5	120×	GG 7 (VG 8)
4		11	22	16	50	46:6	49:6	120×	VG 8
5			24	18	35	70:6	48:1	120×	VG 8
6		12	08	20	00	45:2	47:4	120×	VG 8/GG 7
7			18	18	50	64:6	51:8	120×	VG 8/GG 7
8	1976	01	16	17	40	55:7	49:8	120×	VG 8/GG 7
9		03	11	18	15	48:7	49:6	141×	GG 7

Nr.	seeing/Bemerkungen	Genauigkeit
1	mäßig-gut/Wolkenschleier	3
2	mäßig-gut/Bildvibration durch Wind	3
3	gut/-	2-3
4	mäßig, blickweise gut/-	3
5	mäßig/-	3-4
6	gut-sehr gut/Bildvibration durch Wind	2-3
7	sehr gut/-	1-2
8	sehr gut/Cirren	2-3
9	gut-sehr gut/-	1

Anhand der Beobachtungsbedingungen wurde die Genauigkeit innerhalb einer fünfstufigen Skala festgelegt, wobei 1 die größte Genauigkeit ausdrückt.

Beschreibung der Einzelzeichnungen

Abb. 1:

Am 22. September 1975 ist das StrB im Bereich des GRF unterbrochen. Dieser ist von einer hellen Aureole umgeben. Aus dem SEB zeigt eine „Rauchfahne“ von Westen her auf den GRF. Sie ist weniger kräftig als das StrB. Der Fleck ist deutlich, jedoch weniger intensiv als das SEB und NEB. Das StrB wird zur Aureole des GRF hin schwächer.

Abb. 2:

Am 24. September wird der GRF am Jupiterring beobachtet. Er ist eindeutig erkennbar.

Abb. 3:

Am 26. Oktober ist die Aureole um den GRF verschwunden. Eine weiße Wolke, nordöstlich des Flecks könnte evtl. übrig geblieben sein. Die „Rauchfahne“ und das Ende des StrB sowie der GRF haben sich aufeinander zugeschoben. Die Oberfläche des Planeten erscheint detailliert, zeigt aber nur geringe Kontraste. Die Intensität des Flecks ist etwas gedämpft.

Abb. 4:

22. November; Eine starke Veränderung ist eingetreten. Der GRF ist wieder kräftiger, er ist das markanteste und mit der südlich von ihm liegenden Verstärkung des StrB das dunkelste Gebiet der Jupiteroberfläche. Der GRF erscheint verkürzt, fast kreisförmig. Die gesamte Oberfläche ist detailliert. Bemerkenswert ist der kurze Zeitraum der Veränderung. Im Nordosten ist die weiße Wolke andeutungsweise erkennbar. Auf Grund der Luftunruhe hat diese Beobachtung keine zu große Genauigkeit. Die Zeichnung entstand während der Positionsbestimmung.

Abb. 5:

2 Tage später, am 24. November 1975: Die GRF-Umgebung ähnelt der vom Oktober 26. Die weiße Wolke nordöstlich des GRF wird wiederum relativ sicher erkannt. Ohne Filter und mit GG 7 ist der Fleck kaum sichtbar, mit VG 8 jedoch deutlich. Zwischen GRF und SEB treten dunkle Wolkenmassen auf. Die „Rauchfahne“ von Westen her ist erneut zu sehen.

Abb. 6:

Am 8. Dezember erscheint der GRF deutlich langgezogen, fast, als hätte sich eine Verdickung des StrB an ihn angeschlossen. Östlich ist er teilweise heller, jedoch kann ein Teilung (s. Zeichnung) nicht völlig gesichert beobachtet werden. Nördlich des GRF sind zwei kleine weiße Wolken zu sehen. Eine zweite „Rauchfahne“, von Osten her, ist erstmalig erkennbar.

Abb. 7:

10 Tage später erscheint der GRF in seiner Intensität differenziert. Sein südwestlicher Rand ist kräftiger, als ob eine über ihm liegende Störung abzieht. Das StrB schließt sich im Osten unmittelbar an den GRF an, während es westlich von ihm unterbrochen ist. Die „Rauchfahnen“ sind verschwunden. Die nordöstlich liegende weiße Wolke erscheint wieder größer. Von Westen her scheinen sich helle Wolken an den GRF heranzuschieben; evtl. handelt es sich aber auch um tiefer liegendes sichtbar werdendes Material. Der südliche Rand des SEB ist zerklüftet.

Abb. 8:

16. Januar 1976. Das helle Material hat den GRF von Westen her umströmt und umschließt ihn mit einer hellen Gabel, die besonders mit GG 7 gut sichtbar ist. Das StrB östlich des GRF ist deutlich geschwächt. Die Unebenheiten am Südrand des SEB sind verschwunden. Der Fleck ist mit GG 7 blaß-rötlich bis braun und sehr schwer sichtbar, jedoch mit VG 8 eindeutig zu erkennen. Das NEB wurde auf dieser Zeichnung nur zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Breite der EZ ohne Detail eingetragen.

Abb. 9:

Nachdem wegen schlechter Beobachtungsbedingungen (seeing) mehrere Beobachtungen im Februar nicht gelangen, weil der GRF nicht eindeutig erkannt wurde, ist am 11. März 1976 eine sehr sichere Beobachtung am Coudé-Refraktor 150/2250 der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“ Radebeul möglich. Die GRF-Umgebung erscheint wieder stark verändert. Der Fleck ist verformt und ähnelt einem abgerundeten Parallelogramm. Seine Intensität ist gestiegen. Von Osten her zeigen zwei schwache „Rauchfahnen“ vom SEB auf den GRF, am westlichen Rand des Flecks ist eine große weiße Wolke angelagert. Nördlich des GRF befindet sich eine etwas kleinere. Das StrB tritt wieder kräftiger und kaum unterbrochen auf. Die besten Bilder bringt ein Filter GG 7; es ist dem VG 8 eindeutig überlegen. Die gesamte Jupiteroberfläche erscheint sehr detailliert. Wegen der Beobachtung mit Okularrevolver wurde die Zeichnung nachträglich seitenrichtig orientiert.

Zusammenfassung

Die Beobachtungsperiode 1975/76 stand ganz im Zeichen turbulenter Veränderungen in der Umgebung des GRF, wobei dessen Sichtbarkeit stark wechselte. Die variable Intensität wurde dabei offensichtlich durch überdeckende Wolken hervorgerufen. Eine genaue Analyse der Strömungsverhältnisse und Einzelbewegungen, die nähere Auskunft über die Ursachen der beobachteten Erscheinungen geben könnte, ist jedoch auf Grund des geringen Umfangs des Beobachtungsmaterials, der recht wechselhaften Beobachtungsbedingungen und der damit verbundenen Unsicherheit nicht sinnvoll und teilweise auch gar nicht möglich. So läßt sich z. B. die Zeichnung 4 kaum in den Gesamttrahmen der Darstellungen einordnen, vor allem, wenn man den geringen zeitlichen Abstand zur nachfolgenden Beobachtung bedenkt. Am 23. November 1975 konnte mit dem Cassegrain-Spiegelteleskop 150/900/2250 die Vortagesbeobachtung *nicht bestätigt* werden; allerdings ist auch diese Beobachtung ungenau.

Mögen diese Zeichnungen andere Jupiterbeobachter zum Vergleich mit eigenen Ergebnissen anregen und den gegenseitigen Austausch fördern, der in Zukunft eine bessere Klärung derartiger Probleme ermöglichen könnte.

Feuerkugel-Jahresübersicht 1976

E. MAUL, G. RENNER, K. KIRSCH

Worin bestehen Sinn und Ziel der Arbeit der „Zentralen Sammelstelle für Feuerkugelercheinungen“? Das ist eine Frage, die immer wieder an uns gestellt wird und die an dieser Stelle noch einmal beantwortet werden soll.

Auf viele große Rätsel der Natur ist die Antwort im Weltall zu finden. Und dabei stellt die Feuerkugelforschung einen nicht unbedeutenden Zweig dar. Die Erfassung von Feuerkugelercheinungen gibt uns die Möglichkeit, außerirdische Materie aus nächster Nähe zu analysieren, bzw. im Fall ihrer Auffindung im Labor direkt zu untersuchen. Somit bildet die Feuerkugelforschung eine wichtige direkte Brücke in die Weiten des Universums.

Um die Auffindungswahrscheinlichkeit von Meteoriten maximal zu gestalten ist es notwendig, möglichst viele, vor allem exakte Beobachtungsmeldungen von verschiedenen gelegenen Orten zu sammeln, auszuwerten und der Fachastronomie zuzuführen. Aus diesem Grund und um eine möglichst lückenlose Statistik aller im Sichtbarkeitsbereich der DDR auftretenden Feuerkugelercheinungen erstellen zu können, gründeten wir die Zentrale Sammelstelle für Feuerkugelercheinungen. Damit leisten wir einen kleinen Beitrag zur Arbeit des Europäischen Himmelsüberwachungsnetzes.

Interessenten, die sich an unserer Arbeit beteiligen möchten, wenden sich bitte an die Autoren. Des weiteren bitten wir dringend alle Berufs- und Amateurastronomen, uns Feuerkugelbeobachtungen unverzüglich zu melden und falls die Möglichkeit besteht, selbständig Nachforschungen (Sammeln von Beobachtungen, Nachmessen der Angaben u. a.) durchzuführen und die Ergebnisse gegebenenfalls an uns zu senden. Auch unvollständige Angaben können sehr wichtig sein.

Noch ein Wort zu unserer Jahresübersicht: Wie im vergangenen Jahr halten wir es dieses Mal so, daß grundsätzlich die Erstmeldungen veröffentlicht werden. Wir behalten uns aber das Recht vor, diese Meldungen gegebenenfalls zu korrigieren und zu ergänzen.

Wir danken allen Einsendern von Feuerkugelmeldungen für ihre Mitarbeit am Projekt „Himmelsüberwachung“. Meteorfragebögen werden von den Autoren auf Wunsch zugesandt.

Nr.	Datum	MEZ	m _{vis}	Az/El 1	Az/El 2	Dauer	Kopf	Schweif	Ort d. Beob.	Beobachter
1	01. 01. 76	20.25	-4	180/55	220/40	1 s	gelblich	15° lang	Radebeul (DDR)	Krauwietz
2	04. 01. 76	6.53	-5/-6	310/80	280/20	3-4 s	rötlich	blau-grünlich	Oebisfelde (DDR)	Pannier
3	05. 01. 76	17.44	-4	186/34	204/15	2 s	gelb-rot	leichter Schweißansatz	Graz (Österreich)	Karrer
4	05. 01. 76	23.26	-7	249/47	280/4		gelb		Kirschschlag (Österreich)	Machata
5	27. 01. 76	17.55	-8	140/55	195/30	2 s			Brno (ČSSR)	Sule, Kordik, Forejt
6	30. 01. 76	22.03	-6	245/20	255/0	2 s	weiß	ja	Potsdam (DDR)	Geißhirt-Ling
7	08. 02. 76	00.20	-6	0/90	270/60			sehr lang	Mlada Boleslav (ČSSR)	Didek
8	21. 02. 76	20.06	-5	285/40	255/20	10 s	gelb-weiß	ja	Nessa (DDR)	Böhme
9	28. 02. 76	24.34	-4	210/70	225/60		rotorange		Ungerbach (Niederösterreich)	Konlechner
10	02. 03. 76	20.12	-8/-10	100/30	150/25	2 s	gelblich-weiß	gelblich-grün	Jena (DDR)	Renner
11	02. 03. 76	23.25	-4	NE-Richtung, von Süd nach Nord					Prag (ČSSR)	Mach
12	11. 03. 76	19.45	-12						Habartov (ČSSR)	Kuceroval
13	13. 03. 76	20.10	-10	von Ost nach West					Dobca Voda (ČSSR)	Bernard
14	22. 03. 76	19.46	-4	209/15	210/12				Herzogbirbaum (Österreich)	Höfemeyer
15	30. 03. 76	21.51	-4,5	225/20	265/5	2,5 s	weiß, dann grünlich	ja	Potsdam (DDR)	Geißhirt-Ling
16	12. 04. 76	20.00	sehr hell	SW		10 s			Bosovice (ČSSR)	Volša
17	21. 04. 76	23.13	-4	20/40	340/15	schnell	gelb		Neufan bei München (BRD)	Meteorbeobachtungsgr.
18	01. 05. 76	22.08	-4	90/45	65/30	2 s			Wien (Österreich)	Fialo
19	22. 05. 76	21.32	-4	55/68	95/72	0,5 s	gleißendes Weiß		Graz-Kroisbach (Österreich)	Karrer
20	05. 06. 76	16.45		120/60	120/50	6 s	langgezogen	Splitter	Nadeoll (ČSSR)	Kolalej
21	02. 07. 76	23.49	-6	270/45	280/40	2 s	grün	1,5° lang	Bad Gandersheim (BRD)	Borchers
22	04. 07. 76	1.43	sehr hell	90/50	120/0				Libodovice (ČSSR)	Mayer
23	04. 07. 76	21.58	-4	200/60	185/45		orange-gelb		Ungerbach (Niederösterreich)	Konlechner
24	04. 07. 76	23.15		37/?	226/?		rund		Blilichov (ČSSR)	Paterova

Nr.	Datum	MEZ	m _{vis}	Az/E1	Az/E2	Dauer	Kopf	Schweif	Ort d. Beob.	Beobachter
25	07. 07. 76	21.21	-13	180/40	180/30	15-20 s	rund, Ø 15-20'	leuchtend orange	Prag (ČSSR)	Kounek
26	09. 07. 76	1.18	-3/-5	290/20	?	1 s	gelb		Nessa (DDR)	Böhme
27	14. 07. 76	20.56	-5	136/23	135/14	2 s	orangerot	2 Stoß- wellen, in Schweif übergehend	Kärnten (Österreich)	Karrer
				Kopf kreisrund Ø ≈ 1" nach innen schmutzig weiß						
28	29. 07. 76	22.49	-4	352/29	342/29	1 s		gleißend weiß	Kärnten (Österreich)	Karrer
29	29. 07. 76	23.16	-5	108/26	101/19	2 s	hellorange Ø = 10'		Kärnten (Österreich)	Karrer
				zieht einen -2 hellen dünnen Streifen nach, der am Anfangspunkt hängen bleibt						
30	30. 07. 76	23.08	-4 (-20)	120/70	180/45	5 s	weißgelb		Kobersdorf (Österreich)	Gröning
				Nachleuchten, an Endpunkt Explosion (grellweiß), Schatten deutlich erkennbar						
31	30. 07. 76	23.33	-5	310/85	320/70		gelb	1 s sichtbar	Berglach (Niederösterreich)	Franger
32	31. 07. 76	1.37	-5,5/-6	140/30	165/28		weiß	4 s sichtbar	Berglach (Niederösterreich)	Franger
33	31. 07. 76	1.46	-4	330/20	350/15		greller Lichtblitz		Großinzermoos (BRD)	Meteorbeobach- tungsgr.
34	01. 08. 76	22.13	-4	110/25	105/20	0,5 s	weißgelb	2°, mit- ziehend	Pfaffstätten (Niederösterreich)	Vollmann
35	02. 08. 76	1.00	-4	0/70	260/55		bläulich	zerfasernd u. zer- quirrend	Großinzermoos (BRD)	Meteorbeobach- tungsgr.
36	02. 08. 76	23.29	-4	40/45	?	-1/-4	bläulich	zerplatzt	Großinzermoos (BRD)	Meteorbeobach- tungsgr.
				sehr schnell, deutlicher Schattenwurf						
37	03. 08. 76	1.27	-5	310/20	340/20		grünlich		Großinzermoos (BRD)	Meteorbeobach- tungsgr.
				sehr langsam, 2 Flare, grelle Explosion, Schattenwurf, zerfaserte Rauchreste						
38	03. 08. 76	22.22	-6	10/45	45/15	10 s	gelb-weiß	rot-weiß	Bad Stuer (DDR)	Güntner
39	07. 08. 76	20.57	-6	350/45	355/35	4 s	weißlich		Unterreit (BRD)	Seidel
40	16. 08. 76	21.35	-5	240/60	330/30	3 s	rötlich-gelb	2° lang, flackernnd	Dresden (DDR)	Mettig
41	18. 08. 76	23.12	-4	185/30	185/0	3-4 s	gelb-grün	gelb	Nessa (DDR)	Böhme
42	19. 08. 76	23.00	-6/-7	310/45	220/5	3-4 s	orangerot	nach- leuchtend	Berlin (DDR)	Vogel
43	20. 08. 76	20.22	-4,5	85/65	85/55	3-4 s	rot	Leuchtspur	Ungerbach (Niederösterreich)	Konlechner
44	20. 08. 76	20.33	-5	280/55	260/37	4 s	orange	Leuchtspur	Ungerbach (Niederösterreich)	Schwarz
45	20. 08. 76	20.49	-4	60/78	80/70	3 s	gelborange		Ungerbach (Niederösterreich)	Schwarz
46	21. 08. 76	21.56	-5	40/30	80/15	langsam		kaum nach- leuchtend	München (BRD)	Meteorbeobach- tungsgr.
				Helligkeit stetig ansteigend-Explosion mit Schattenwurf						
47	21. 08. 76	23.27	-5/-7	225/45	220/0	3 s	rot-gelb	mitteilend	Crimmitschau (DDR)	Nickel
				60 s Nachleuchten						
48	23. 08. 76	22.25	-5	70/25	90/0	0,5 s	gelb, zum Rand hin orange		Neulengbach (Niederösterreich)	Katzensteiner
49	25. 08. 76	22.29	-4	0/50	320/30	2 s	gelborange		Ungerbach (Niederösterreich)	Konlechner
50	29. 08. 76	2.17	-4,5	0/80	30/30	2,5 s	rötlich	starkes Nach- leuchten	Ungerbach (Nieder- österreich)	Konlechner
				starkes Nachleuchten						
51	29. 08. 76	20.32	-4	65/30	40/45	2 s	gelborange	starkes Nach- leuchten	Ungerbach (Nieder- österreich)	Konlechner
				starkes Nachleuchten						
52	29. 08. 76	23.15	-4	0/70	340/20	2,8 s	gelbweiß	sehr kurz, slbrig	Drochow (DDR)	Kalauch
				Kopf in Tropfenform						
53	05. 09. 76	1.16	-4	260/70	160/65	3 s	gelb	ja	Potsdam (DDR)	Geißhirt-Ling
				5 s Nachleuchten						

Nr.	Datum	MEZ	m_{vis}	Az/EI 1	Az/EI 2	Dauer	Kopf	Schweif	Ort d. Beob.	Beobachter
54	26. 09. 76	3.00		rechts im Orion SSO					Prag (ČSSR)	Berkova
55	10. 10. 76	17.30		0/40 345/5	2 s				Jesenik (ČSSR)	Pekosek
56	12. 10. 76	21.58	-4	330/?	0/15 5 s			Splitter	Kunzab (ČSSR)	Cebis
57	22. 10. 76	4.50	-10	330/?	0/15 5 s			Splitter	Kunzab (ČSSR)	Cebis
58	25. 10. 76	23.32	-10	130/45 130/30			gelblich-orange		Wiesbaden (BRD)	Landgraf
		Ø ≈ 20' zerplatzt								
59	10. 11. 76	22.25	-6	Osthimmel, Richtung SW			intensiv blau		München (BRD)	zahlreiche Beobachter
				Schlauchartige Rauchspur, nachleuchtend u. zerquirrend bis 4 Min.						
60	11. 11. 76	17.29	-4,5	282/12 286/6	1 s		weiß	2° lang, mitziehend	Graz (Österreich)	Karrer
				Schweif: in Kopfnähe geteilt, hinten geschlossen, zwischen Wolken beobachtet						
61	12. 11. 76	19.00	-8	30/70 10/15 4 s			bläulich-grün	10° lang	Schipkau (DDR)	Reich
62	23. 11. 76	20.06		275/35 270/30 1 s			gelblich-rot	gelber kurzer Sch., schnell verblaßt	Udars/Rügen (DDR)	Pfützner
63	27. 11. 76	5.22	-5	ENE am Ende der Bahn zersprungen.					Frankenfels (Niederösterreich)	Wiener
64	29. 11. 76	19.47	-4	5/30 335/5 sehr lange, langsam					Ondrejov (ČSSR)	Klokocnik
65	13. 12. 76	21.00	-4	90/60 150/55 5,5 s			gelb, dicker K.	kurz	Kematen (Österreich)	Ostermann
66	13. 12. 76	21.19	-10	? 190/20 bei Fernrohrbeobachtung in anderer Gegend aufgeschreckt			gelbweiß		Kematen (Österreich)	Ostermann
67	29. 12. 76	19.27	-5	185/52 230/22 1 s			weiß-gelb	1,5° lang weiß-gelb	Zossen (DDR)	Renner

Abb. 1

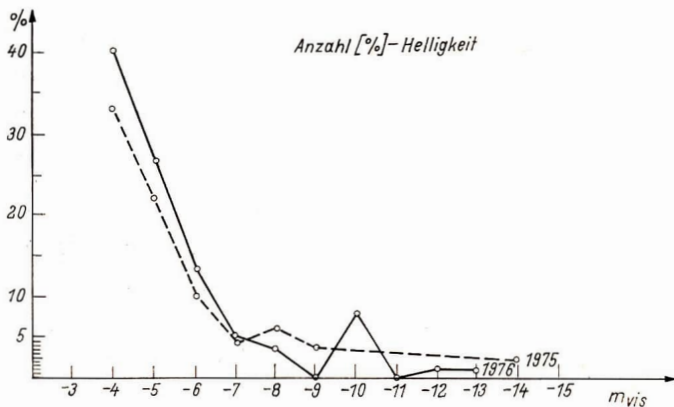


Abb. 1



1975 September 22

Abb. 2



1975 September 24

Abb. 3



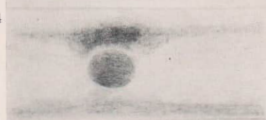
1975 Oktober 26

Jupiterbeobachtungen 1975/76

Zeichnungen von Jörg Mosch am Refraktor
80/1200 azimutal montiert. Abb. 9 mit
Coudé-Refraktor 150/2250.

Zum Beitrag S. 76

Abb. 4



1975 November 22

Abb. 5



1975 November 24

Abb. 6



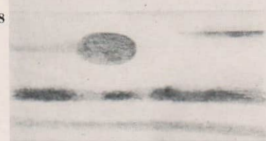
1975 Dezember 08

Abb. 7



1975 Dezember 18

Abb. 8



1976 Januar 16

Abb. 9

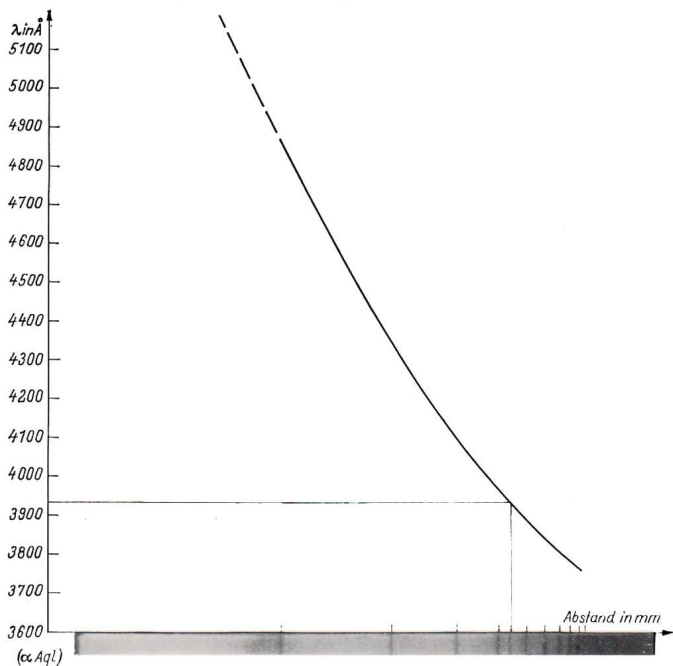


1976 März 11

Spektralklasse		Stern
B 3 n		η UMa
A 1 s		α CMa
A 7 n		α Aql
d F 5		α CMi
g G 5+6		α Aur
g K 2 p		α Boo

Abb. 5: Spektralaufnahmen der Sterne η UMa, α CMa, α Aql, α CMi, α Aur und α Boo.

Abb. 3: Dispersionskurve. Eingezeichnet ist die Wellenlängenbestimmung der Linie K des einfach ionisierten Kalziums im Spektrum des Sternes α Aql.



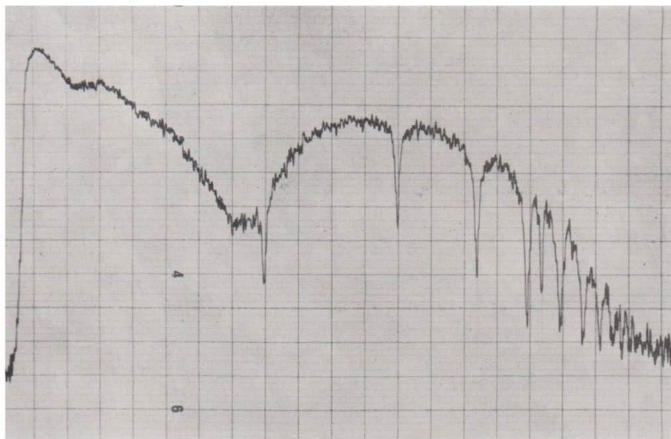
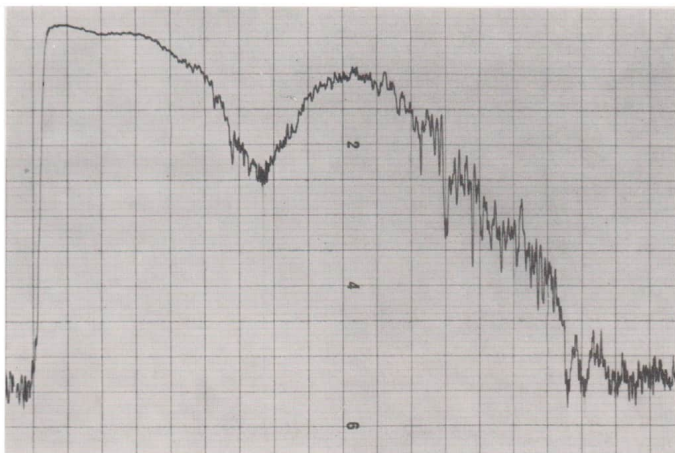


Abb. 6: Registrierkurve des Sternes α Aql.

S. II und III zum Beitrag S. 83

Abb. 7: Registrierkurve des Sternes α Boo.



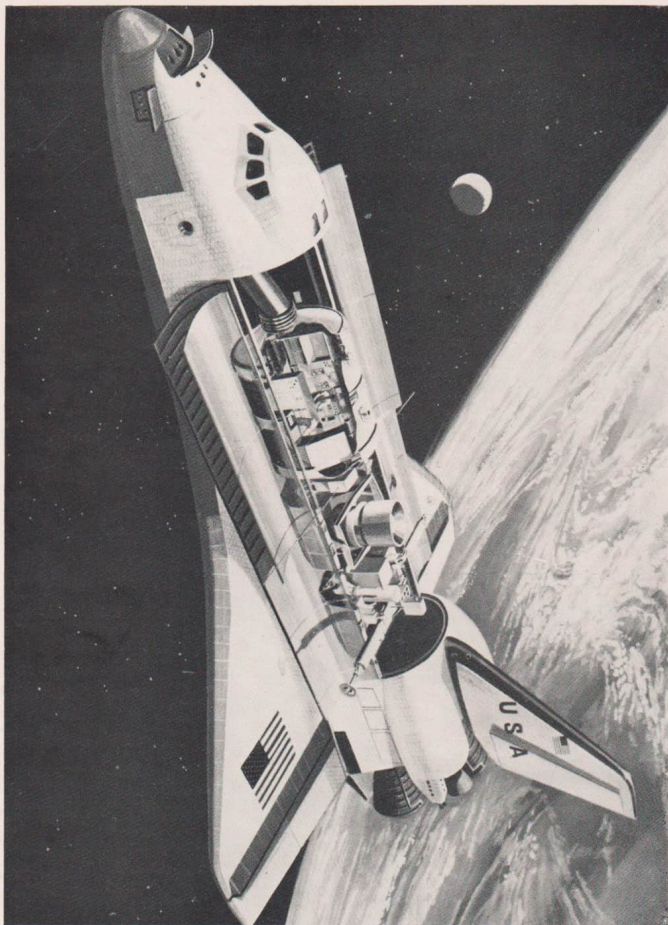
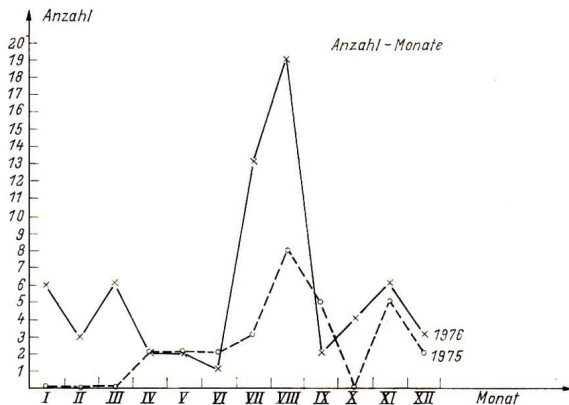
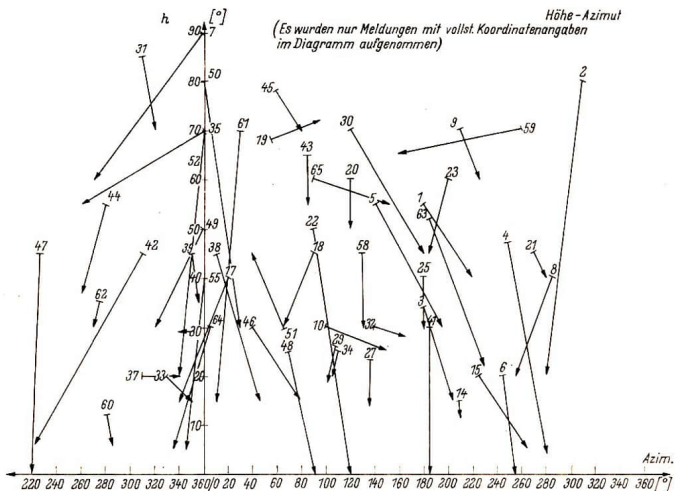
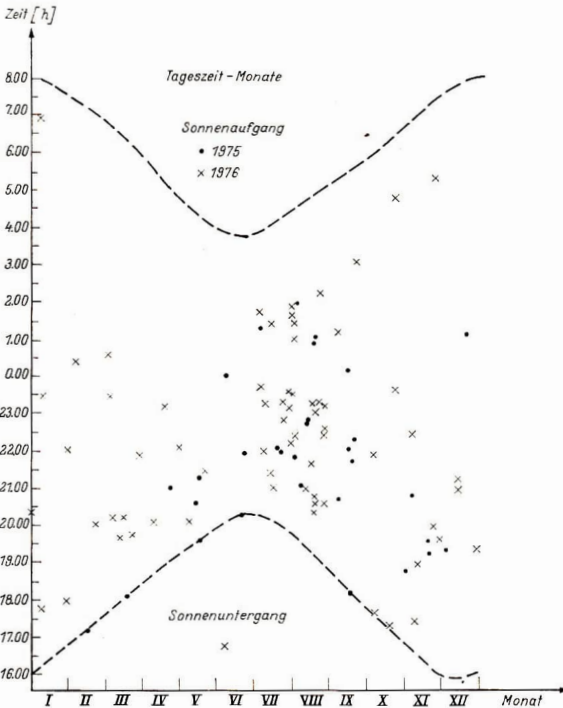


Abb. 3: Skizze des SPACE SHUTTLE mit dem im Laderaum befindlichen Weltraumlabor SPACELAB als Forschungs- und Erprobungsplattform (ASN, Juni 1976).

Zum Beitrag S. 72

Abb. 2

Abb. 4
unten



Auswertung der Beobachtungen

Im Jahr 1976, dem zweiten Jahr der Arbeit unserer Sammelstelle, gingen 67 Meldungen ein. Davon stammen 17 Beobachtungen aus der DDR, 15 aus der ČSSR, 10 aus der BRD und 25 Beobachtungen wurden in Österreich gemacht. Unser Dank gilt Herrn Dr. Cepelcha, Leiter des Europäischen Himmelsüberwachungsnetzes des Observatoriums Ondřejov (ČSSR), dem Astronomischen Jugendclub Österreich sowie dem Leiter der Meteorsammelstelle der Universitätssternwarte Wien.

Die wohl spektakulärste Erscheinung des vorigen Jahres war der Kamyk-Feuerball vom 02. 03. 76 um 20.12 MEZ (siehe Astronomie und Raumfahrt 4/76). Die Feuerkugel konnte in der ČSSR, BRD, DDR und Österreich beobachtet und von mehreren Kamerastationen des Europäischen Himmelsüberwachungsnetzes fotografiert werden. In Ondřejov wurden Spektren mit einer Dispersion bis zu 15 Å/mm gewonnen. Der Aufschlagpunkt wurde errechnet, und eine Gruppe von 10 Wissenschaftlern suchte fast einen Monat lang nach Resten des Meteoriten. Leider verlief die Suche erfolglos.

In Abb. 2 ist die Anzahl der beobachteten Feuerkugeln über den Monaten aufgetragen. Das Maximum zu den Perseiden ist wie auch im Vorjahr wieder deutlich ausgeprägt. Das hat seine Ursache, abgesehen von dem Meteoritenstrom selbst, wohl auch in der günstigen Witterung der Sommermonate und auch darin, daß die Anzahl der Beobachter in dieser Zeit wesentlich höher ist als im Jahresdurchschnitt. Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit der Helligkeit von Feuerkugeln zur Anzahl. Abb. 3 ist in der Hinsicht interessant, daß sie aufzeigt, wie subjektiv die visuelle Beobachtung von Feuerkugeln ist.

Die Beobachtung wird beeinflusst durch folgende Faktoren:

1. In den Sommermonaten ist meist klarer Himmel, während im Herbst Bewölkung vorherrscht.
2. Die warmen Nächte verlocken eher zu Beobachtungen als die kalte Jahreszeit.
3. Die meisten Sternfreunde beobachten abends und nicht in den frühen Morgenstunden.

Diese Punkte muß man als Fehlerquellen bei einer statistischen Auswertung von Feuerkugeldaten auf der Grundlage von visuellen Beobachtungen unbedingt beachten.

Junge Amateure

Die Spektroskopie als Arbeitsgebiet für Amateurastronomen

BÄRBEL KÖDDERITZSCH

In der heutigen Zeit beschäftigen sich immer mehr Amateurastronomen mit Problemen der Astrophysik. Die Spektroskopie bietet sich hierbei als ein Arbeitsgebiet an, bei dem die praktische Arbeit des Amateurastronomen – die Spektralaufnahmen – direkt mit dem Studium physikalischer Gesetzmäßigkeiten anhand wissenschaftlicher Literatur verbunden werden kann. Mit Hilfe eigener Spektralaufnahmen kann der Amateur manche wissenschaftliche Erkenntnisse hachvollziehen. So kann sich der Amateur ein gut fundiertes, anwendungsbereites Wissen aneignen. Aber auch auf dem Gebiet der Spektroskopie gibt es noch einige Aufgaben, bei deren Lösung die Mitarbeit der Amateurastronomen erforderlich ist.

1. Die Anfertigung von Spektralaufnahmen

Das Licht als elektromagnetische Strahlung hat verschiedene Kenngrößen, z. B. die Frequenz oder die ihr direkt proportionale Wellenlänge. Es ist bekannt, daß man mit Hilfe eines Prismas weißes Licht zu einem Farbband auffächern kann. Jede Stelle dieses Farbbandes entspricht einer bestimmten Wellenlänge bzw. Frequenz, und eine solche Wellenlängen- bzw. Frequenzfolge nennt man Spektrum. Ein Prisma ist für den Amateur eines der wichtigsten Hilfsmittel, um Spektralaufnahmen anzufertigen. Je nach Verwendungszweck entscheidet man sich für eine bestimmte Glassorte. Als sehr günstig haben sich Prismen aus Quarzglas und aus Flintglas erwiesen. Prismen aus Quarzglas sind von mittlerer Dispersion (Dispersion = bei gegebener Brennweite Auflösungsvermögen in Wellenlängeneinheit pro Millimeter, meist in Å/mm angegeben) und von sehr hoher UV-Durchlässigkeit, Prismen aus Flintglas weisen eine geringere UV-Durchlässigkeit auf, haben aber eine hohe Dispersion. Kronglasprismen können ebenfalls benutzt werden. Ihre Eigenschaften sind schlechter als die der anderen erwähnten Glassorten. Sie sind aber am leichtesten käuflich zu erwerben, was erwähnenswert ist.

Bei einem Spektrografen, der mit einem Prisma ausgerüstet ist, ist der Strahlenverlauf wie in Abb. 1.

Zur Lösung bestimmter Aufgaben der Astronomie kann man die Tatsache ausnutzen, daß die Sterne auf Grund ihrer großen Entfernung punktförmig erscheinen und das von ihnen kommende Licht nahezu parallel ist. Deshalb kann man bei einem Bautyp der Spektrografen Spalt und Kollimator weglassen. Die Prismen werden einfach vor das Objektiv der Kamera gesetzt und dann als „Objektivprismen“ bezeichnet. Eine solche Objektivprismenkamera ist ein für den Amateur durchaus zugängliches und handhabbares Arbeitsgerät.

Abb. 1: Strahlenverlauf in einem Prismenspektrografen.

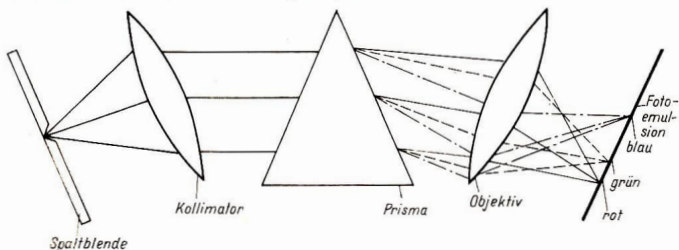




Abb. 2:
Eine Objektivrismenkamera auf
der Montierung.

Die gesamte Apparatur zur Aufnahme von Spektren mit Hilfe einer Objektivrismenkamera kann z. B. wie in Abb. 2 aufgebaut werden. Grundlage ist eine parallaktische Montierung, auf die ein Leitrohr und die Objektivrismenkamera aufgesetzt werden können. Es ist notwendig, sich für das Leitrohr ein spezielles Fadenkreuz anzufertigen. Auf dem waagerechten Faden müssen mindestens 2 Fäden, die untereinander etwas Abstand haben, senkrecht stehen. Durch den Abstand der senkrechten Fäden wird die Breite der aufgenommenen Spektren bestimmt.

Die in Abb. 2 gezeigte Objektivrismenkamera besteht aus einem Quarzprisma (brechender Winkel 56° ; brechende Kante 60 mm), einem sowjetischen Spiegelobjektiv (500 mm Brennweite; Öffnungsverhältnis 1:8), einer normalen Kleinbildkamera (Practika FX) und einem Mikroskop, welches zur besseren visuellen Fokussierung aufgesetzt wurde. Das Anbringen eines Mikroskopes ist aber nicht unbedingt notwendig.

Wie man sich anhand der in den entsprechenden Abbildungen gezeigten Spektren überzeugen kann, hat das sowjetische Spiegelobjektiv hervorragende Abbildungseigenschaften. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß die Kopien bereits $10\times$ vergrößert sind. Die Verwendung eines solchen Objektivs ist daher sehr empfehlenswert.

Für eine Spektralaufnahme muß die brechende Kante des Prismas zu einem Deklinationskreis ausgerichtet werden, ebenso wie der waagerechte Faden des Fadenkreuzes im Leitrohr.

Man stellt den entsprechenden Stern auf einen Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes, läßt den Stern durch die tägliche Himmelsdrehung bis zum anderen Kreuzungspunkt „laufen“ und stellt dann den Stern mit Hilfe der Feinbewegung auf den ersten Kreuzungspunkt zurück. Auf diese Weise wird die notwendige Verbreiterung erreicht. Zweckmäßig ist es, das Leitrohr leicht zu defokussieren, so daß der jeweilige Stern als Scheibchen erscheint. Dadurch vereinfacht sich die Nachführung.

Für die meisten Aufnahmen ist NP 27 — Kleinbildfilm am besten geeignet. Bei Behandlung dieses Filmmaterials mit einem Feinstkornentwickler (wie z. B. A 49) kann man Abzüge mehr als 10fach vergrößern, gute Fokussierung selbstverständlich vorausgesetzt. Für sehr helle Objekte kann man auch NP 20- bzw. NP 15-Kleinbildfilm verwenden.

Steht zur Fokussierung kein Mikroskop zur Verfügung, und man stellt fest, daß die Scharfeinstellung zu wünschen übrig läßt, ist folgende Methode ratsam: Zuerst wird das Gerät wiederum visuell fokussiert. Danach fertigt man sich aus Millimeterpapier eine Skala an (z. B. von $-5 \dots +5$ mm). Diese Skala wird so neben einen eingezeichneten Punkt des Objektivs geklebt, daß eine Verstellung dieses Punktes (z. B. der ∞ -Punkt) millimeterweise ablesbar ist. Man stellt nun den Objektpunkt auf einen Endpunkt der Skala und beginnt mit der Aufnahme. Zweckmäßig ist es, für die Fokusaufnahme einen hellen A-Stern zu wählen, z. B. Deneb oder Wega, der hell genug ist, daß eine einmalige Überstreichung des Filmmaterials zur Belichtung bei entsprechender Lichtstärke des Objektivs ausreichend ist und an dessen Balmerlinienserie des Wasserstoffs man den Fokus gut beurteilen kann.

Man läßt nun den Stern so lange „laufen“, bis das Spektrum auf dem Aufnahmematerial etwa 0,5 bis 1 mm breit ist (die Zeitdauer richtet sich ebenfalls nach Brennweite und Öffnungsverhältnis). Danach

wird das Objektiv abgedeckt. Ohne die Feinbewegung zu betätigen, läßt man den Stern bei abgedecktem Objektiv ein Stück, etwa 0,5 mm, weiterlaufen. Während dieser Zeit verstellt man den Fokus um einen Teilstich des Millimeterpapiers in Richtung Mittelpunkt der Skale. Die Abdeckung des Objektives wird entfernt, und es wird erneut — ebenso lange wie beim ersten Mal — belichtet. Danach wird das Objektiv wieder verdeckt, man verstellt den Fokus nochmals usw. Diese Vorgänge wiederholt man, bis der Punkt auf dem Objektiv am anderen Ende der Skale angelangt ist (die letzte Aufnahme belichtet man doppelt so lange wie die anderen, um eine nachträgliche Auszählung zu ermöglichen).

Durch Vergleich der nebeneinanderliegenden Spektren auf dem Negativ kann man durch einfache Auszählung feststellen, welche Fokuseinstellung optimal ist. Ebenfalls wird dadurch bei allen nachfolgenden Aufnahmen zeitaufwendiges Fokussieren erspart.

Objektivprismenkameras der Art wie in Abb. 2 weisen viele Vorteile auf. Sie sind relativ lichtstark. Man kann mit ihnen auch ein recht großes Sternfeld erfassen. Außerdem sind sie für den Amateur erschwinglich und handhabbar. Der Vollständigkeit wegen muß noch erwähnt werden, daß es außer Objektivprismen auch Objektivgitter gibt. Sie finden jedoch weniger Anwendung als die Objektivprismen.

2. Die Auswertung von Spektralaufnahmen

2.1. Dispersionskurve — Dispersion der Aufnahmeapparatur

Viele werden das Auflösungsvermögen ihrer Aufnahmeapparatur, d. h. in diesem Falle die Dispersion in Å/mm oder nm/mm, nicht auf irgendeine Weise rechnerisch vor Beginn der Aufnahmen bestimmt haben. Es bietet sich aber eine einfache Möglichkeit an, anhand der gewonnenen Aufnahmen die Dispersion der Apparatur zu bestimmen. Man zeichnet sich zu diesem Zwecke eine Dispersionskurve.

Günstiger Ausgangspunkt ist hierzu eine vergrößerte Kopie eines Spektrums von einem frühen A-Stern (am günstigsten solche Spektren mit dem Index „c“ oder „s“, weil diese sehr scharfe Spektrallinien haben). Das auffälligste Merkmal solcher Spektren (panchromatisches Filmmaterial vorausgesetzt) ist das Vorhandensein der Balmerlinien des Wasserstoffs. Von diesen Spektrallinien benötigt man die Wellenlängen, die man in jedem Spektraltabellenbuch finden kann. Wer möchte, kann sich diese Wellenlängen mit Hilfe der Rydberg-Formel

$$f = R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

(f ist die Frequenz; R ist die Rydberg-Frequenz vom Betrage $R = 3,2899 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$; n ist die Nummer des Ausgangsenergieniveaus bei „Elektronensprüngen“ und m die Nummer des Energieniveaus, auf das das Elektron jeweils springt; bei der Balmerserie ist $n = 2$; für m ist die Folge der ganzen Zahlen 3; 4; 5; zu setzen. $m = 3$ entspricht der H α -Linie, $m = 4$ der H β -Linie, $m = 5$ der H γ -Linie usw.)

und der Beziehung

$$f = c/\lambda$$

(c = Lichtgeschwindigkeit; λ = Wellenlänge) selbst errechnen. Man erhält für die Balmerserie

$$\lambda = \frac{c}{R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)}$$

Ein Absorptionsspektrum, welches mit einer Objektivprismenkamera gewonnen wurde, ist in der Regel am langwelligen Ende scharf begrenzt, so auch unser A-Spektrum. Es ist günstig, sich auf dem nichtbelichteten Teil der Kopie jenseits dieser Grenze eine hauchdünne Linie parallel zu der Grenze zu zeichnen und diese Linie als Ausgangspunkt der Ausmessungen zu benutzen (zum Zeichnen der Dispersionskurve sind Spektrallinien als Ausgangspunkt der Messungen wegen ihrer Breite, auch bei Spektren mit dem Index „c“, meist ungeeignet). Die Abstände der Balmerlinien von dieser eingezeichneten Linie trägt man auf der Abszisse eines Koordinatensystems ab (man mißt den Abstand: eingezeichnete Linie — Schwerpunkt der Spektrallinie, d. h. schwärzester Punkt der Spektrallinie). Die Ordinatenachse ist die Skale der Wellenlängen. In einem solchen Koordinatensystem erhält man für jede Spektrallinie einen Punkt. Verbindet man die Punkte miteinander, so erhält man die Dispersionskurve der Aufnahmeapparatur. Da die Empfindlichkeit von NP 15-, NP 20- und NP 27-Emulsionen erst „hinter“ dem Schwerpunkt der H α -Linie einsetzt, kann in Richtung der H α -Linie nur extrapoliert werden.

fällt mit der Wasserstofflinie $H\epsilon$ ($\lambda = 3970/07 \text{ \AA}$; $\Delta\lambda = 1,7 \text{ \AA}$) zusammen. Jetzt wird auch verständlich, weshalb man die Linie $H\epsilon$ nicht zum Zeichnen der Kurve verwenden konnte. Die beiden Linien $H\epsilon$ und H konnten wegen der zu geringen Dispersion nicht mehr getrennt abgebildet werden; der Linienschwerpunkt von $H\epsilon$ wurde aber dadurch verfälscht (siehe Abb. 4).

Mit der gleichen Methode kann man auch in anderen Spektren Wellenlängen von Linien bestimmen. Voraussetzung ist nur, daß man die Wellenlänge von mindestens einer Linie genau kennt. Bei den B-Sternen bis zu den F-Sternen können das die Wasserstofflinien sein, bei späten A-Sternen bis zu frühen K-Sternen das Linienpaar H und K des Kalziums. Späte K-Sterne und M-Sterne sind auf diesem Wege kaum noch erfassbar, weil dann so gut wie keine Linien einzelner Elemente mehr zu sehen sind, sondern Molekülbanden mehr und mehr in den Vordergrund treten.

2.3. Gesetzmäßigkeiten innerhalb der Folge der Hauptspektralklassen

Wer schon einmal Spektralaufnahmen angefertigt hat, wird festgestellt haben, daß bei etwa gleich hellen Sternen und gleicher Belichtungszeit die Spektren von den frühen zu den späten Spektralklassen immer kürzer erscheinen, wobei insbesondere der Rotbereich immer heller aussieht. Die Spektren von den K- und M-Sternen sind schließlich nur noch mit einem Kompromiß zu erreichen: Wenn man auf der Spektralaufnahme im Rotbereich etwas erkennen will, ist bei entsprechender Belichtungszeit der Blaubereich kaum abgebildet; wählt man die Belichtungszeit so, daß der Blaubereich für eine Auswertung ausreichend abgebildet wird, so ist der Rotbereich hoffnungslos überbelichtet.

Noch deutlicher wird das, wenn man die Möglichkeit hat, mit Hilfe eines lichtelektrischen Registrierfotometers den Helligkeitsverlauf über das gesamte Spektrum aufzeichnen zu lassen. Als Beispiel seien hier die Spektren der Sterne Altair (α Aql, Spektraltyp A7n) und Arktur (α Boo, Spektraltyp gK2p) angeführt (beide Spektralaufnahmen siehe Abb. 5).

Beide Sterne sind etwa gleich hell; die entsprechenden Aufnahmen wurden mit äquivalenten Belichtungszeiten angefertigt. Ihre Registrierkurven werden in den Abb. 6 und 7 gezeigt. Links ist die Empfindlichkeitsgrenze des Filmmaterials im Rotbereich. Die Kurve fällt beim Stern α Aql nach diesem steilen Anstieg allmählich zur Grünlücke ab. Auf diesem abfallenden Teil der Kurve ist das Plattenrauschen (durch die Körnigkeit der Emulsion hervorgerufene Ausschläge des Schreibers von geringer Amplitude, die aber keine echten Intensitätsschwankungen anzeigen) über den gesamten Bereich gut zu erkennen; ein Zeichen dafür, daß dieser Teil der Aufnahme noch nicht überbelichtet ist. Hingegen fällt die Kurve beim Stern α Boo erst viel später zur Grünlücke ab; das Plattenrauschen ist, zumindest im ersten Teil der Kurve, kaum zu sehen, woraus man schließen kann, daß dieser Teil der Aufnahme überbelichtet ist. Dieses Verhalten ist Ausdruck dafür, daß sich der Wellenlängenbereich der maximalen Ausstrahlung von den frühen zu den späten Spektralklassen vom Blaubereich immer mehr in den Rotbereich verschiebt. Durch die Tatsache, daß ein Prisma im Rotbereich sowieso eine geringere Dispersion hat als im Blaubereich, tritt dieser Effekt natürlich krasser hervor, als er in Wirklichkeit ist.

Die Energieverteilung (bzw. die Verteilung der Ausstrahlungsintensität der einzelnen Wellenlängen) in einem Spektrum wird durch die Plancksche Strahlungsformel beschrieben, aus der sich das Wiensche Verschiebungsgesetz in der Form

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{konst.} = 0,2898 [\text{cm} \cdot \text{K}]$$

($\lambda_{\max}$ = Wellenlänge der maximalen Ausstrahlung, T = Temperatur) ergibt.

Diese Gleichung besagt, daß die Temperatur der Wellenlänge $\lambda_{\max}$ direkt proportional ist. Wenn die Wellenlänge der maximalen Ausstrahlung größer wird, also sich in den Rotbereich verschiebt, so wird die Temperatur des strahlenden Körpers, in unserem Falle die der Sterne, geringer. Wir haben also unmittelbar bestätigt gefunden, daß die Sterne von den frühen zu den späten Spektraltypen immer kühler werden.

Selbstverständlich ist in den Sternatmosphären höherer Temperatur auch eine größere Energie vorhanden, um die in den Atmosphären befindlichen Elemente anzuregen. So werden in den Spektren der Sterne mit der höchsten Temperatur die Spektrallinien zu finden sein, zu deren Absorption aus dem kontinuierlichen Spektrum die größten Energiebeträge notwendig sind, so z. B. die Absorptionslinien des einfach ionisierten Heliums. In den Spektren etwas kühlerer Sterne werden die Linien des neutralen Heliums, bei weiterer Abkühlung die des neutralen Wasserstoffs und schließlich die Linien von Metallen und die Banden von Molekülen zu sehen sein.

Wenn man einige Spektralaufnahmen in der Reihenfolge O-B-A-F-G-K-M ordnet, fällt tatsächlich auf, daß sich das Aussehen der Spektren in der oben beschriebenen Reihenfolge verändert (siehe Abb. 8). In den heißesten Sternen, den O-Sternen, kann man Heliumlinien sehen, die A-Sterne haben die Balmerreihe des neutralen Wasserstoffs als hervorstechendes Merkmal, in den F-, G- und K-Stern-

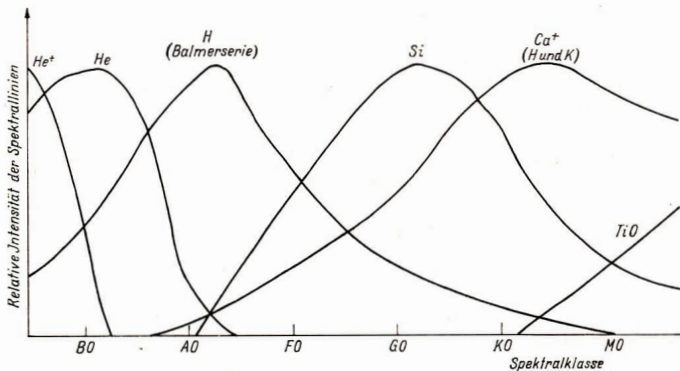


Abb. 8: Relative Intensität der Spektrallinien in Abhängigkeit von der Spektralklasse.

nen dominieren die Linien von Metallionen und Metallen, und schließlich wirken die Spektren von M-Sternen durch die Molekülbanden wie zerschnitten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Amateurastronom durchaus in der Lage ist, auch ohne die teuren wissenschaftlichen Geräte und Hilfsmittel der großen Sternwarten seine selbst-angefertigten Spektren recht umfangreich auszuwerten.

3. Einige Aufgaben für Amateurastronomen auf dem Gebiet der Spektroskopie

Selbstverständlich sind dem Amateurastronomen auf dem Arbeitsgebiet Spektroskopie auch Grenzen gesetzt. Jedoch gibt es keinen Grund, angesichts der Tatsache, daß der Fachastronom weitaus mehr aus den Spektren ablesen kann (so z. B. Rotations- und Radialgeschwindigkeiten, Einwirkung von Magnetfeldern, Druck in den Sternatmosphären, Nachweis von Rotverschiebungen und vieles andere mehr), mutlos zu werden.

Man überlege sich folgenden Vergleich: Jemand, der aus Begeisterung, Lust und Liebe zur Sache und um sich gesund zu erhalten Sport treibt, wird diesen auch nicht aufgeben, nur weil für ihn der Weltrekord unerreichbar ist.

Es geht in der Spektroskopie als Arbeitsgebiet für den Amateurastronomen wie auf allen anderen Gebieten der Amateurastronomie doch in erster Linie um eine sinnvolle Freizeitgestaltung und nicht um eine Art zweiterberufliche Tätigkeit mit Leistungszwang. Doch damit soll auch keinesfalls gesagt sein, daß es für einen Spektroskopie betreibenden Amateurastronomen keine Möglichkeit gibt, einen echten Beitrag für die Fachastronomie zu leisten.

Eine Aufgabe könnte beispielsweise darin bestehen, die in jedem Jahr auftretenden Novae so lange spektroskopisch zu verfolgen, so lange die Helligkeit der Novae noch mit der Objektivprismenkamera erreichbar ist, also etwa bis zur 12. Größenklasse. In diesem Stadium kann man Novae spektroskopisch nämlich noch mit amateurmäßigen Hilfsmitteln erfassen. Ebenfalls kann man mit einer Objektivprismenkamera mit einem großen Gesichtsfeld den Himmel nach planetarischen Nebeln (deren Spektrum nur aus Emissionslinien besteht) und anderen Objekten mit Emissionslinien absuchen. Für die beiden genannten Aufgaben sind Objektivprismenkameras mit einer Dispersion von 1000 bis 2000 Å/mm am besten geeignet.

Eine Aufgabe, die wahrscheinlich nur zu lösen ist, wenn mehrere Amateure zusammenarbeiten, wäre es, einen Spektralatlas des gestirnten Himmels anzufertigen, in dem die Sterne mit ihren Spektralaufnahmen verzeichnet sind.

Schon allein diese Beispiele zeigen, daß sich dem Amateur auf dem Gebiet der Spektroskopie ein weites Betätigungsfeld öffnet. Solche Argumente, wie z. B., daß man die Spektroskopie lieber den Fachastronomen überlassen solle, weil es für einen Amateur nicht möglich ist, ohne ein teures wissenschaftliches Gerät auf diesem Gebiet ein Problem zu bearbeiten, sind völlig unbegründet. Die Spektroskopie ist für den Amateurastronomen kein Buch mit sieben Siegeln.

Kurzberichte

Beobachtungen der Strahlungsablenkung am Schwerefeld der Sonne

Zum 7. Texas-Symposium über Relativistische Astrophysik standen auch Fragen der verschiedenen Gravitationstheorien zur Diskussion. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein ist die Gravitationskonstante unabhängig von Zeit und Ort. Nach der Skalar-Tensor-Theorie von Brans und Dicke ist die „Gravitationskonstante“ dagegen von der Zeit abhängig. Sie nimmt mit dem Weltalter ab.

Der formelmäßige Zusammenhang ist

$$G = G_0 \left(\frac{t_0}{t} \right)^{\frac{2}{1+3\omega}}$$

ω ist eine Kopplungskonstante. $\omega \rightarrow \infty$ ist identisch mit der allgemeinen Relativitätstheorie, denn dann gilt wieder, daß die Gravitationskonstante unabhängig von der Zeit ist.

Nach beiden Theorien ergeben sich unterschiedliche Strahlungsablenkungen im Schwerefeld der Sonne. Damit ist eine Testmöglichkeit vorhanden. Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie ist der Ablenkungswinkel 1,749 Bogen Sekunden, nach der Theorie von Brans und Dicke ist der Winkel $1,749 \cdot (3 + 2\omega)/(4 + 2\omega)$ Bogen Sekunden.

Für ω zwischen 4 und 7 ergibt sich der Ablenkungswinkel zu 92% bis 96% des Einsteinschen Wertes.

Fomalont und Sramek vom National Radio Observatory Green Bank (USA) haben die Strahlungsablenkung für 3 Quasare an der Sonne gemessen. Ihr Ergebnis war das $(1,015 \pm 0,011)$ -fache des Wertes der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Für den Quasar 3 C 270 hat Weiler (Holland) den Ablenkungswinkel an der Sonne gemessen und sein Ergebnis war das $(1,038 \pm 0,033)$ -fache des Wertes der allgemeinen Relativitätstheorie.

Nach diesen Beobachtungsergebnissen wird die Allgemeine Relativitätstheorie bestätigt.

Dr. S. MARX

Der Meteoritenfall vom 2. 3. 76 in der ČSSR

Am 2. 3. 76 um 20.12 MEZ konnte über weiten Teilen der VR Polen, der BRD, Österreichs, der ČSSR und der DDR eine sehr helle Feuerkugel beobachtet und von den Kamerasstationen des Europäischen Himmelsüberwachungsnetzes fotografiert werden. Im Observatorium Ondřejov der Akademie der Wissenschaften der ČSSR konnten auch Spektren mit einer Dispersion bis zu 15 Å/nm gewonnen werden. Darauf sind einige hundert Emissionslinien zu sehen, darunter die des neutralen Eisens, Natriums, Kalziums, Magnesiums, Mangans, Chroms, Aluminiums; ferner die Linien des ionisierten Kalziums und Siliziums sowie die des molekularen Eisenoxids. Als Ergebnis dieser Analyse konnte festgestellt werden, daß es sich bei dem Meteoriten um einen kohlgigen Chondriten handelt. Hier einige Bahnparameter: Anfangshöhe: 77,2 km, Endhöhe: 31,7 km; Anfangsgeschwindigkeit: 16,5 km/s, Endgeschwindigkeit: 6,3 km/s, Anfangsmasse: 500 kg, Endmasse: 300 g.

Aufschlagpunkt: $14^{\circ}18'35'' \text{ E}$, $50^{\circ}38'33'' \text{ N}$, absolute Helligkeit: -13^{m} max., Leuchtdauer: 5,9 s.

Bereits wenige Tage nach dem Fall begann eine Gruppe von 10 Wissenschaftlern mit der Suche nach den Resten des Meteoriten. Die Gegend des Aufschlagpunktes ist bis auf 200 Meter Genauigkeit bestimmt worden.

KARSTEN KIRSCH

Tektitenfeld in der Sowjetunion entdeckt

Etwa 200 km nördlich des Aralsees in der Nähe des Ortes Irgis gibt es eine Stein- und Sandwüste, die die Bezeichnung „Schlechte Erde“ trägt. In diesem Gebiet gibt es eine ringförmige Vertiefung, die einen Außerdurchmesser von 10 km und einen Innendurchmesser von 5 km hat. An zwei Stellen in dieser kraterähnlichen Vertiefung wurden schwarze, tropfenförmige Glaskörper gefunden, die Durchmesser zwischen 2 mm und 3 cm haben. Insgesamt wird geschätzt, daß etwa eine Milliarde Objekte in der Vertiefung liegen. Eine Analyse der Glaskörper ergab, daß es sich um Tektite handelt. Tektite entstehen beim Aufprall großer Meteorite. Die im Gebiet von Irgis gefundenen Körper wurden als Irgisite benannt. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß ein Meteorit von etwa 100 m Durchmesser und 10^4 Tonnen Masse in diesem Gebiet niedergegangen sein muß. Die Geschwindigkeit des Meteoriten wird zwischen 10 und 30 km/s gelegen haben.

Dr. S. MARX

18. Astronomietagung Dresden am 23. 10. 1976

Die Tagung, zu der etwa 100 Teilnehmer erschienen waren, fand im Deutschen Hygienemuseum statt. Die Teilnehmer wurden von Bfr. Blasberg, dem Vorsitzenden des Bezirksfachausschusses Dresden begrüßt, der anschließend über „Die Arbeit unserer Fachgruppen“ berichtete. Den Hauptvortrag „Physikalisch gebundene Systeme von Galaxien“ hielt Dr. Schmidt von der Sternwarte Babelsberg. Der auf das Verständnis von Amateuren zugeschnittene Vortrag machte die Teilnehmer mit einem kosmologisch sehr interessanten Gebiet der Fachastronomie bekannt.

Nach der Mittagspause sprach Herr Großmann (Werkstätte für Astro-Optik „Alfred Wilke“ Finkenkrug) über die „Zentrierung von Zwei-Spiegel-Systemen“, ein allen Spiegelschleifern am Herzen liegendes Problem. Der Vortrag gab Hinweise für alle, die sich mit dem Selbstbau von Spiegelfernrohren beschäftigen. Von einem nicht alltäglichen Selbstbau berichtete im letzten Vortrag des Tages Bfr. Grünberg (Fachgruppe Dresden): „Der Jensch-Coselost – ein modernes Hilfsmittel für den Astrophysik-Amateur“. Gleichmaßen beeindruckten die Sorgfalt des Aufbaus und die Qualität der mit dem Gerät aufgenommenen Spektren (nicht zuletzt auch der Ideenreichtum bei der Beschaffung wichtiger Bauteile – Schnecken, Prismen, Oberflächenspiegel). Bfr. Grünberg bewies, daß bei entsprechendem Können (ohne Unterstützung durch eine feinmechanische Werkstatt) auch ein scheinbar der Fachastronomie vorbehaltenes Gerät dem Amateurbau erschlossen werden kann.

Mit neuen Kenntnissen und Anregungen für die eigene Arbeit, dankten am späten Nachmittag die Teilnehmer dem Kulturbund für die gut organisierte und fachlich reichhaltige Tagung.

HANS-JOACHIM SCHULZ

2. Zentrale Tagung junger Amateurastronomen in Leipzig

Zur Fortsetzung der 1975 eingeleiteten verstärkten Jugendarbeit unter den Amateurastronomen veranstaltete der Zentrale Fachausschuß Astronomie vom 12. bis 13. Februar 1977 in Leipzig die „II. Zentrale Tagung junger Amateurastronomen“. Rund 150 Gäste waren der Einladung gefolgt, womit sich die Beteiligung gegenüber dem ersten Treffen im Februar 1976 mehr als verdoppelte, obwohl noch immer nicht alle Bezirke der DDR vertreten

waren (aus den Bezirken Frankfurt/O. und Schwerin war niemand angereist).

Weiterbildung und Erfahrungsaustausch sollten auf der Tagung dominieren. Beide Seiten kamen an jedem Tag zu ihrem Recht. Dr. D. B. Herrmann (Direktor der Archengold-Sternwarte Berlin) brachte im ersten Vortrag „Astronomiehistorische Forschung als Amateurausarbeit“ zum Ausdruck, daß dieses noch wenig beachtete Gebiet ohne die mühevolle Arbeit zahlreicher Amateurastronomen bei der Durchsicht der einschlägigen Literatur nicht mehr denkbar ist. Ein weiterer interessanter Aspekt des Vortrages war die Gegenüberstellung historischer Ereignisse auf dem Gebiet der astronomischen Wissenschaftsentwicklung zur Entwicklung in der Wirtschaft.

D. Kitta (Zittau) wandte sich in seinen Ausführungen der „spektralen Empfindlichkeit der Fotoemulsion ORWO NP 27“ zu, die er mit den Anwendungsmöglichkeiten und ihrer Verarbeitung vorstellte und mit den Emulsionen der ORWO-Astroplatten verglich.

Erfahrungsberichte junger Amateure bestimmten neben der Beratung in getrennten Arbeitsgruppen das Programm bis in die Abendstunden. Probleme von der „Silberkugel-photometrie“ bis zur „Interstellaren Extinktion“ wurden dabei angesprochen.

Entsprechend der vom ZFA Astronomie beschlossenen Bildung thematischer Arbeitsgruppen (vgl. Heft 1/77 S. 29) berieten auch die Tagungsteilnehmer die Fülle der Themen zur Intensivierung der aktiven Beobachtungen. Während die Veränderlichenbeobachter schon auf Ergebnisse eingehen konnten, standen für die Interessenten der Planeten-, Meteor-, Sonnen- und Sternbedeckungsbeobachtung auch technische und organisatorische Fragen zur Debatte.

Den zweiten Tag leitete Bfr. H.-J. Blasberg (Dresden) mit seinem Vortrag über den „Bau von Fernrohr-Zusatzgeräten durch den Amateur“ ein. Viele interessante Anregungen zum Selbstbau und zur Materialbeschaffung wurden gegeben und durch Bild und gegenständliche Darstellung demonstriert, so daß der Wunsch der Teilnehmer hier ausgedrückt sei: „Darüber sollte Herr Blasberg in der Zeitschrift schreiben!“

Über die von einer Gruppe junger Freunde aus Potsdam, Berlin und Umgebung gewonnenen „Ergebnisse der Meteorbeobachtungen 1975/76“ sprach J. Rendtel, dessen Ausführungen dann ergänzt und erweitert wurden durch den Aufruf, auch künftig Feuerkugelercheinungen entweder der Redaktion der Zeitschrift oder der Arbeitsgruppe mitzuteilen. Weitere Erfahrungsberichte waren der Jupiterbeobachtung (Ziener, Mau) als auch dem Bau von Amateur-Sternwarten (Schulz) gewidmet.

Für das Zustandekommen der Tagung danken alle Teilnehmer dem Zentralen Fachausschuß Astronomie, weil sie in jugendgemäßer Atmosphäre und in einem festlich geschmückten Raum stattfinden konnte.

Das Durchschnittsalter betrug rund 19 Jahre und 63 % aller Teilnehmer sind Mitglied des Kulturbundes. Bei der weiteren Leitungstätigkeit durch den Zentralen Fachausschuß Astronomie sollte aber auch nicht übersehen werden, daß 22 % der anwesenden Jugendlichen Einzelamateure waren, die besonderer Betreuung bedürfen.

Für das dritte Treffen darf man mit einer noch höheren Teilnehmerzahl rechnen. Ob man dann an ein Mikrofon denken wird, um die Verständigung zwischen Redner und Hörer zu erleichtern? Auch die beste Disziplin ersetzt keine Verstärkeranlage.

JOACHIM PRELL

Das Optische Museum in Jena

Das Optische Museum des VEB Carl Zeiss Jena wurde vor 11 Jahren der Öffentlichkeit übergeben. Es ist Ende 1976 vom Griesbachschen Hause nahe dem Planetarium in die Fachschule für Augenoptik verlegt worden, wo sich schon immer das Magazin des Museums mit 13 000 Positionen befindet. Hier stehen größere und hellere Räume zur Verfügung. Darüber hinaus ist hier die Möglichkeit gegeben,

daß das Museum sich ausdehnen kann, um eines Tages neben seinen historischen Geräten auch die wichtigsten Entwicklungen des Zeisswerkes auf feinmechanischem und optischem Gebiet vorstellen zu können.

Zur Zeit werden 4 Abteilungen gezeigt. Die erste Abteilung bringt die wichtigsten Lebensdaten von Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott, den Gründern des Zeisswerkes. Die drei anderen Abteilungen zeigen die Entwicklungsgeschichte der Brille, des Mikroskops und des Fernrohrs. In diese technischen Abteilungen sind jetzt auch einige moderne Geräte übernommen worden. So wird u. a. Telementor mit der neuen Fokuseinrichtung gezeigt, die auch die Verwendung des handelsüblichen Prismenumkehrsatzes für die terrestrische Beobachtung gestattet.

Schulklassen und Astro-Amateure, die das Planetarium in Jena besuchen, sollten es sich nicht nehmen lassen, dieses moderne, gut eingerichtete Museum aufzusuchen, um so mehr, da in 2 Vitrinen auch Reise- und Taschensonnen-uhren, Mauerquadranten und Armillarsphären gezeigt werden. Das Museum ist von Montag bis Sonnabend von 9 bis 16 Uhr geöffnet.

Keine 100 m vom Optischen Museum entfernt befindet sich im Volkshaus, das noch auf Initiative von Ernst Abbe gebaut wurde, ein Zeiss-Traditionskabinett, wo die Geschichte des Werkes und seiner Arbeiterbewegung interessant, vielseitig und mit ansprechendem Bildmaterial dargestellt ist. Auch hier ist ein Besuch sehr zu empfehlen.

HELMUT WOLF

8. astronomisches Jugendlager der Slowakei

Das VIII. internationale astronomische Jugendlager der Slowakei fand vom 5. bis 11. Juni 1976 in Strečno (Mittelslowakei) statt. Es waren, außer etwa 120 Teilnehmern aus allen drei slowakischen Bezirken, Delegationen aus der DDR, der Volksrepublik Polen, der Volksrepublik Ungarn und der Sternwarte Prag anwesend. Die Delegation aus der DDR wurde von Rüdiger Kollar, Leiter der Volkssternwarte „Adolph Dieserweg“ in Radebeul, geleitet. Eine Woche lang gab es fachlichen Unterricht, Anhören von Vorträgen über alle Gebiete der Astronomie, freundliche Stunden beim Lagerfeuer mit Beobachtung und allabendliche Diskussionen zwischen den Teilnehmern. Ein Ausflug in das schöne Gebiet der Orava, mit Schifffahrt auf der Talsperre von Orava ergänzte das Programm.

MATHIAS SCHMÖGNER

2. astronomisches Jugendseminar des Bezirks Magdeburg in Wernigerode

Mit 28 Teilnehmern wurde vom 7.—9. Juni 1976 das Seminar unter der Thematik „Amateurastronomie, Modellbau, Astrofotografie“ im Planetarium der Maxim-Gorki-Oberschule durchgeführt.

Durch 5 Referate (Schön, Eschenhagen, Hübel und Blau) wurden die Seminarthemen zur Zufriedenheit der rege mitarbeitenden Teilnehmer behandelt. Am 2. Tag wurde auch der Tonfilm „Sternentstehung“ gezeigt.

BERND HENZE

Hinweis für unsere Fachgruppenleitungen

Jahresberichte über die Fachgruppenaktivität, die in „Astronomie und Raumfahrt“ veröffentlicht werden sollen, müssen bis spätestens 15. 1. des laufenden Jahres für das Vorjahr in der Redaktion vorliegen.

Aus der Literatur

Nomogramm zur jährlichen Bewegung des Sternhimmels

Das Nomogramm enthält 3 voneinander abhängige Angaben. Die schrägen Striche kennzeichnen die Rektaszension (ihre Neigung wird durch die Winkelgeschwindigkeit der Erdbewegung um die Sonne gegeben — bei einer Geschwindigkeit von Null wären sie waagrecht). Die senkrechten Markierungen geben die Monate an, die noch in vier Abschnitte unterteilt sind. Die waagerechten Striche kennzeichnen die Tagesstunden, beginnend vom Mittag über Mitternacht bis zum nächsten Mittag.

Das Nomogramm bezweckt, mit einem raschen Blick jede beliebige Angabe bestimmen zu können, wenn zwei Angaben vorhanden sind oder aus einer bekannten zwei weitere unbekannte zu ermitteln, die voneinander abhängig sind. Eine große Genauigkeit kann von diesem Nomogramm nicht erwartet werden. Für die schnelle Bestimmung, z. B. des Meridiandurchganges eines Objektes, wo der Fehler ± 10 Minuten betragen kann, ist das Nomogramm geeignet. Dies betrifft vor allem die Bestimmung des geeigneten Zeitpunktes für die Beobachtung bzw. Himmelsfotografie.

Beispiele für die Verwendung des Nomogramms:

Angenommen, es handle sich um ein Beobachtungsobjekt im Sternbild Herkules. Wir wollen Monat und Stunde der günstigsten Zeit für die Beobachtung bzw. Himmelsfotografie wissen. Zuerst ermitteln wir aus einer Sternkarte bzw. Sternatlas die Rektaszension des Sternbildes, in unserem Falle rund 17^h . Wir suchen dann den schrägen Strich mit der Angabe der Rektaszension, die zweimal auftritt: einmal rechts unten im Bild, das anderemal rechts oben (letzte Angabe ist in unserem Falle ohne Wert). Wir verfolgen den Schrägstrich weiter und stellen fest, daß Ende Juni die obere Kulmination um 23 Uhr stattfindet.

Das Nomogramm enthält den Sonnenauf- und -untergang sowie den Beginn und das Ende der astronomischen Dämmerung. Bei unserem Beispiel bedeutet es, daß das Sternbild Herkules nur im Monat Mai gerade noch außerhalb der astronomischen Dämmerung in der oberen Kulmination beobachtet werden kann.

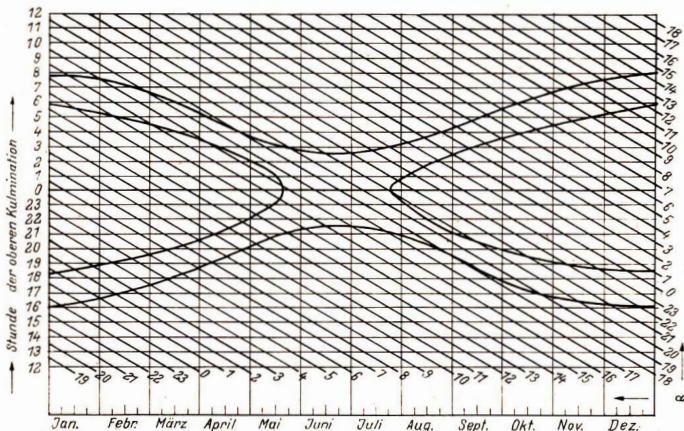
Ein anderes Beispiel: Gegeben sind Monat und Uhrzeit und wir wollen wissen, welche Gegend des Himmels (Sternbild) zu dieser Zeit kulminiert.

Es besteht die Möglichkeit die schrägen Streifen der Rektaszension zweifarbig zu kennzeichnen (z. B. die geraden Werte rot, die ungeraden blau).

Aus: „Rise Hvezd“, übersetzt von Arnold Zenkert

JOSEF KORBEL

Abb. 1: Zeichnung und Angaben wurden auf die Mitte der DDR (52° Nord) bezogen.



Erforschung von Mikrometeoriten

Ungünstige Bedingungen für die Beobachtung von Meteoriten sind vor allem bedeckter Himmel und Regenwetter. Hierbei kann man kein Fernrohr benutzen und andere Beobachtungen durchführen. Aber gerade dieses Wetter besitzt günstige Voraussetzungen für die im Rahmen des Internationalen Mikrometeoriten-Forschungsnetzes (MMTEH) schon seit drei Jahren durchgeführten Untersuchungen.

Das internationale Meteoritendatenverarbeitungszentrum (ICMO) wurde von der Birmingham Space University und von der NASA gebeten, einen Aufruf an interessierte Beobachter zu richten, möglichst viele aktive Beobachtungen von Mikrometeoriten durchzuführen. Das Ziel dabei ist, die Mengenverteilung auf der Erde und der im erdnahen Raum befindlichen Mikrometeoriten zu ermitteln. Im erdnahen Raum wurde diese Forschung von den Satelliten der Typen Explorer und Prospero übernommen. Zur Erzielung möglichst genauer Ergebnisse auf der Erde ist die Mitwirkung vieler Beobachter notwendig. Deshalb wurde auch die ungarische Organisation MMTEH durch den internationalen Aufruf unterrichtet.

Dieser Aufruf ergab eine sehr große Resonanz, so daß eigens zur Auswertung der Ergebnisse ein Arbeitsausschuß gebildet werden mußte. Der Vorsitzende der IMRN (International Micrometeorite Research Network), Philip M. Bagnall, hat folgende Beobachtungshinweise an die Organisation MMTEH gegeben.

Methoden der Beobachtung

Der größte Teil der Mikrometeoriten verbrennt nicht in der Atmosphäre (wegen ihrer kleinen Masse), sondern schweht eine gewisse Zeit in der Atmosphäre und sinkt langsam zur Erdoberfläche. Die direkte Beobachtung von Mikrometeoriten wird durch die Verschmutzung der Atmosphäre sehr erschwert. Verwertbare Daten können wir dann bekommen, wenn wir bei Regenwetter arbeiten. Der Regen transportiert die Meteoritenteilechen als Kondensationskerne in den Regentropfen zur Erde. Schwere massereichere Körnchen, die von der Erde stammen, können nicht längere Zeit in einem Regentropfen als Kondensationskern verbleiben. Durch das unterschiedliche Verhalten ist es möglich, Mikrometeoriten von den irdischen Stoffen zu trennen:

1. Man stellt möglichst mehrere Schalen aus nicht magnetischem Material (Plaste, Glas o. ä.) mit bekannter Oberfläche (in cm^2) bei Regenwetter ins Freie. Es ist günstig, die Schalen möglichst mehrere Stunden lang im Regen stehen zu lassen. Mehrere Schalen sind deswegen empfehlenswert, um vorhandene örtliche Schmutzteilechen besser aussondern zu können.
2. Die Schalen werden nach einem bestimmten Zeitraum eingesammelt und man läßt sie 15–20 Minuten lang ruhig stehen, damit sich die Teilchen am Boden absetzen können. Danach wird das darüber befindliche Regenwasser vorsichtig entfernt. Am Boden der Schalen sind dann die Meteoritenteilechen zu finden.
3. Diese übrig gebliebenen Teilchen werden mit ein paar Tropfen destillierten Wassers verdünnt und anschließend auf ein sauberes weißes Blatt ausgegossen. Unter das Papier werden mehrere Lagen Löschpapier gelegt, um die Feuchtigkeit schneller aufzusaugen. Das Ganze wird anschließend einige Stunden getrocknet.
4. Nach dieser Vorbereitung beginnt erst die eigentliche Forschungsarbeit. Man nimmt einen starken Permanent-Magnet und bewegt ihn unter dem Papier leicht hin und her. Damit werden die Teilchen von Eisenmeteoriten ermittelt. Dabei orientieren sich die Teilchen nach den Kraftlinien des Magneten.
5. Mit einer starken Lupe wird die Anzahl der vorhandenen Teilchen möglichst genau festgestellt, wobei folgende Daten registriert werden:
 - a) Oberfläche der benutzten Schalen;
 - b) Anzahl der gezählten Teilchen;
 - c) Länge des Zeitraumes, den die Schalen dem Regen ausgesetzt waren;
 - d) Datum.

Die so gewonnenen Daten können dann weitergeleitet werden.

Steht ein Mikroskop von mittlerer Vergrößerung zur Verfügung, kann anhand der Form der Mikrometeoriten eine statistische Verteilungsuntersuchung vorgenommen werden, z. B.: unregelmäßig, stäbchenförmig, rund, stark gedehnt usw. Diese Daten und eventuelle Zeichnungen sind sehr wertvoll. Mit Erfolg kann hier die Mikroskop-Fotografie eingesetzt werden. Sie erleichtert die spätere Identifizierung der verschiedenen Typen wesentlich.

Ermittlung der IHR

Die verwendete Maßeinheit IHR (Impaktung Hourly Rate) gibt die Menge der Mikrometeoriten an, die innerhalb einer Stunde auf 1 km^2 Erdoberfläche eintreffen. Außer den bereits erwähnten Eisenmeteoriten treten auch Steinmeteoriten auf. Die Anzahl dieser nicht magnetischen Meteoriten können wir errechnen, wenn wir die Menge der Eisenmeteoriten mit 13,3 multiplizieren. Dieser Faktor wurde als Konstante ermittelt.

Die Beobachtungsergebnisse werden allgemein grafisch ausgewertet. Wer selbst solche Forschungen durchführen will, arbeite wie folgt:

Um die IHR errechnen zu können, braucht man den Wert der am Beobachtungsort in einer Stunde eingeschlagenen Menge, die mit LIHR (Lokal Impaktung Hourly Rate) bezeichnet wird. LIHR wird ermittelt aus:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Zahl der Eisenmeteoriten}}{\text{Beobachtungszeit in Stunden}} &= \text{LIHR}_1 & \text{LIHR}_1 \\ \frac{\text{Zahl der Steinmeteoriten}}{\text{Beobachtungszeit in Stunden}} &= \text{LIHR}_2 & + \frac{\text{LIHR}_2}{\text{TLIHR}} \\ \text{TLIHR} &= \text{Total LIHR} \end{aligned}$$

Nach Ermittlung der TLIHR ist es notwendig, den Gleichmäßigkeitsfaktor F für 1 km^2 zu bestimmen.

$$F = \frac{10^{10} \text{ cm}^2}{\text{Beobachtungsfläche in cm}^2} \quad 1 \text{ km}^2 = 10^{10} \text{ cm}^2$$

Der wirkliche Wert der IHR ergibt sich demnach zu

$$\text{IHR} = \text{TLIHR} \cdot F$$

Untersuchung der Masse

Die auf die Erde fallende Masse der Mikrometeoriten ist erheblich. Es lohnt sich, die veränderlichen Mengen der Masse zu verfolgen. Die tägliche Menge beträgt 50000 – 60000 t, also eine beachtliche Masse!

Errechnung der Massen

Die Eisenmeteoriten haben eine durchschnittliche Masse von 0,005 g, die Steinmeteoriten erreichen durchschnittlich 0,001 g. Es ergibt sich damit:

$$\begin{aligned} \text{Eisenmeteoritenmasse} & \quad \text{LIHR}_1 \times 0,005 = \text{LIHR-W}_1 \\ + \text{Steinmeteoritenmasse} & \quad + \text{LIHR}_2 \times 0,001 = \text{LIHR-W}_2 \end{aligned}$$

Die Masse der in einer Stunde eingeschlagenen Mikrometeoriten beträgt $F \cdot \text{LIHR-W} = \text{IHR-W}$. Vom Wert IHR-W kann auf die ganze Oberfläche der Erde extrapoliert werden. Die IHR-Werte weisen auf eine große Streuung hin; am 31. Okt. 1972 z. B. betrug der IHR-Wert 639400 und am 6. Aug. stieg der IHR-Wert auf 3982500. Bisher ist keine Periodizität feststellbar (Tage, Monate, Jahre). Bei der grafischen Auswertung zeigte sich, daß die Zusammenhänge zwischen der Stärke der Meteoritenschwärme und der Ablagerung der Mikrometeoriten sehr stark sind.

Die Beobachtungsergebnisse werden in monatlichen Zusammenfassungen nach folgendem Schema eingeschickt:

MMTEH-Programm

Beobachter	Nr. der Beobachtung	Datum
Anschrift	Nr. der Beobachtungsstation	
geographische Breite	geographische Länge	
Beobachtungszeit:	Anfang	Ende
	Stück	Einstürzoberfläche
Menge der Eisenmeteoriten		cm ²
Bemerkungen: (z. B. Wetter, Wind, sonstige Werte und nützliche Hinweise für die Beobachtung usw.)		

„Nr. der Beobachtung“ wird kontinuierlich von 001 an gezählt.

„Nr. der Beobachtungsstation“ wird ständigen Beobachtern nach einer längeren Zeit erfolgreicher Mitarbeit bekanntgegeben.

JÁNOS PAPP

Aus: „meteor“, Budapest. Übersetzt von Miklos Vlahosz.

Viking 2 näher am Mars

Das um den Mars kreisende Mutterschiff der USA-Raumsonde Viking 2 wurde am 21. 12. 76 durch ein kurzes Zünden der Bremstriebwerke von der Kontrollstation Pasadena (Kalifornien) aus in eine dichter um den „Roten Planeten“ verlaufende Bahn gebracht. Damit wurde die geringste Entfernung des Raumschiffs vom Mars von bisher 1504 auf 792 Kilometer verkürzt.

ADN

Pluto nur halb so groß als angenommen?

Der Planet Pluto ist nur halb so groß wie bisher angenommen wurde. Nach jetzt veröffentlichten Berechnungen amerikanischer Astronomen beträgt der Durchmesser 3476 bis 2816 km. Damit ist Pluto kleiner als Merkur und möglicherweise auch kleiner als der Erdmond. Bisher war angenommen worden, daß Pluto einen Durchmesser von 6759 bis 5790 km habe. Der Irrtum wird damit erklärt, daß auf Grund der Eisschicht aus gefrorenem Methan die Reflexion des Lichtes den Planeten größer erscheinen läßt, als er tatsächlich ist.

ND 5./6. 2. 77

Organische Verbindungen im Mondgestein

Spuren organischer Verbindungen sind im Mondgestein entdeckt worden, berichtet die sowjetische Zeitschrift „Nauka i Shisn“. Das Mondgestein, das von den sowjetischen Raumflugkörpern vom Typ „Luna“ und von amerikanischen „Apollo“-Raumschiffen zur Erde gebracht worden war, ist nunmehr eingehend und umfassend untersucht worden. Analysen der chemischen Zusammensetzung des Gesteins ergaben, daß darin eine geringe Menge Kohlenstoff enthalten ist. Außerdem sind im Mondgestein Spuren von Aminosäuren gefunden worden.

Radaruntersuchung des Ganymed

In einer Entfernung von 10⁸ km umläuft der größte Jupitermond Ganymed (III) den Planeten. Unlängst erfolgte, wie die Zeitschrift SPACEFLIGHT berichtet, die erste Radarerforschung dieses Himmelskörpers. Es zeigte sich, daß die Oberfläche des Ganymed uneben ist und bedeutend größere Höhenunterschiede aufweist als auf den Planeten Merkur, Venus und Mars.

Die Radaruntersuchungen des Ganymed erfolgten auf eine Entfernung von 6 × 10⁸ km in 6 Nächten des August 1974. Zu diesem Zwecke wurde eine Antenne mit einem Durchmesser von 64 m in Goldstone (Kalifornien) verwendet.

Die Fachleute neigen zu der Ansicht, daß die Oberfläche aus felsigem oder metallischem Material besteht, das von Eis bedeckt ist. Gerade diese von Eisgeröll bedeckte Oberflächenschicht kann verhältnismäßig glatt sein, was mittels des Radar aber nicht feststellbar ist. Eis ist für die Radiowellen durchlässig. Diese Feststellung ist besonders interessant für die Gegenüberstellung mit den Ergebnissen der Sonden PIONEER 10 und 11.

Das Oberflächenmaterial des Ganymed ist augenscheinlich meteoritischen Ursprungs. Die Krater auf der felsigen Oberfläche des Ganymed können infolge der sehr großen Entfernung nicht aufgelöst werden, jedoch zeigen die Bilder der Sonde PIONEER 11 deutlich Krater und zwei „Meere“, ähnlich wie wir sie auch auf dem Erdmond antreffen. Bereits mittels visueller Beobachtungen vermutete man, daß die beträchtliche Helligkeit des Ganymed auf ausgedehnte Eisflächen zurückzuführen sei. Das Spektrum im infraroten Bereich zeigt die Existenz von Wasser im festen Aggregatzustand an. Dennoch haben die Radioastronomen festgestellt, daß sich die Vorstellung von einer bloßen Eisbedeckung nicht mit den Radarbeobachtungen deckt. Man neigt daher zu der Ansicht einer Oberflächenbedeckung aus Teilen von Felsen und Eis. Eine ähnliche Untersuchung des Ganymed ist für das Jahr 1979 im Rahmen des Programms von MARINER vorgesehen.

A. Z.

Zur Struktur des Sonnenmagnetfeldes

Der amerikanische Raumflugkörper „Pioneer 11“, der sich zur Zeit auf dem Flug zum Planeten Saturn befindet, hat möglicherweise die bisher unbekannte Struktur des Magnetfeldes der Sonne enthüllt. Das teilte Dr. Edward Smith vom Laboratorium für Strahltriebwerke der USA auf der Jahrestagung der amerikanischen geophysikalischen Gesellschaft mit. Amerikanische Wissenschaftler schlußfolgern aus den von „Pioneer 11“ übermittelten Angaben, daß der interplanetare Raum möglicherweise in zwei Hemisphären – eine nördliche und eine südliche – geteilt ist und von einem äquatorähnlichen elektrischen Strom durchzogen wird, der ein wellenartiges Muster „wie ein fliegender Teppich“ aufweist. Dr. Edward Smith erklärte: „Wir haben buchstäblich eine neue Perspektive des interplanetaren Raums erhalten.“ „Pioneer 11“ soll im Jahr 1979 das Gebiet des Planeten Saturn erreichen.

ND 18./19. 12. 76

Neues Teleskop in Bjurakan

Im Astrophysikalischen Observatorium Bjurakan der Akademie der Wissenschaften der Armenischen SSR wurde kürzlich ein neues Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 2,6 Meter in Betrieb genommen.

Mitarbeiter der Leningrader Optisch-Mechanischen Vereinigung haben es unter Leitung von Chefkonstrukteur B. Ioannissian geschaffen. Anlässlich der Übergabe des Teleskops wurde ein Symposium veranstaltet, an dem bedeutende sowjetische und ausländische Wissenschaftler teilnahmen.

Die Schule von Bjurakan ist in der Astronomie in erster Linie durch die Konsequenz ihrer Ideen bekannt: Das Weltall ist durch die Explosion und den Zerfall ursprünglich superdichter Körper entstanden. „Absolut alle zu beobachtenden Erscheinungen“, sagt Akademikmitglied W. Ambarzumjan, „zeugen davon, daß sich im Weltall ein Prozeß von der dichten zur verdünnten Materie vollzieht. Das ist faktisch für alle Sternobjekte charakteristisch. Für die detaillierte Untersuchung der einzelnen Sterngebilde wurde das Teleskop entwickelt, projiziert und gebaut.“

„Nedelja“ Nr. 40/76

Funkortung unsichtbarer Wolken

Auf der Grundlage der Forschungen sowjetischer Wissenschaftler konnte festgestellt werden, daß sich visuell wahrnehmbare Wolken voneinander unterscheiden, die auf dem Bildschirm eines Funkortungsgerätes sichtbar gemacht werden können. Die mit dem Auge wahrnehmbaren Kapillarwolken bestehen vorwiegend aus Teilchen mit einer Größe von einigen Dutzend Mikron Durchmesser. Doch häufig verbinden diese sich mit größeren Teilchen und bilden für den Menschen nicht sichtbare Wolken. Gerade sie reflektieren die meisten Funksignale.

„Komsomolskaja Prawda“ 29. 1. 77

Vulkanische und tektonische Aktivitäten der Venus

Kürzlich ausgeführte Radarbeobachtungen der Oberfläche der Venus ließen tektonische und vulkanische Aktivitäten erkennen. Benutzt wurden neben sowjetischen Radioteleskopanlagen u. a. das 300-m-Radioteleskop in Arecibo auf Puerto Rico und die Anlage in Goldstone. Von allen Beobachtungsstellen aus konnte ein Grabenbruch entdeckt werden, der sich bei einer Länge von 1500 km von Nordost nach Südwest über den Venusäquator erstreckt. Er wird als Küstenbewegung gedeutet und kann mit dem irdischen ostafrikanischen Bruchgraben verglichen werden. Außerdem ist ein Gebirgszug entdeckt worden, der sich über 4000 km in Nord-Süd-Richtung erstreckt und den Namen Alpha erhielt. Auch die Meßergebnisse der sowjetischen Venussonden deuten auf eine aktive Vulkantätigkeit sowie auf tektonische Prozesse hin. Wegen der dichten Atmosphäre des Planeten dürften Meteoriteneinschläge nur in den wenigsten Fällen zur Formung von Oberflächenstrukturen des Planeten beigetragen haben.

Flieger-Revue 12/76

Meteorit in der Antarktis gefunden

Einer der größten bisher gefundenen Meteoriten ist von einer amerikanisch-japanischen Expedition in der Antarktis gefunden worden. Er wiegt 400 Kilogramm. Beim Niedergehen ist der Meteorit in 33 Stücke zerplatzt, deren größtes 113 Kilogramm wiegt.

BZ 26./27. 3. 77

Die Sonne ein Doppelstern?

Ist unsere Sonne gemeinsam mit einem weit entfernten Stern ein Doppelstern? In den vergangenen Jahren wurde in unserer Galaxis eine Anzahl von Zwergsternen mit einer Masse von weniger als 0,03 Sonnenmassen entdeckt, die über eine sehr geringfügige Strahlung und effektive Temperatur verfügen. In der Zeitschrift ICARUS wurde die Ansicht von K. Davidson geäußert, daß die Sonne einen solchen kleinen Begleiter habe. Dieser Stern müßte eine Masse bis zu 0,01 Sonnenmassen besitzen, ohne aber Störungen der äußeren Planeten zu verursachen. Die untere Grenze beträgt 0,001 Sonnenmassen, was ungefähr der Größenordnung des Jupiter entspricht. Der angenommene Begleiter müßte eine Entfernung von 700 bis einige tausend AE besitzen, was mit den bekannten Doppelsternkomponenten gut übereinstimmt.

Es ist bekannt, daß die Bahnen einiger Kometen bis zu diesen Entfernungen reichen. Die durch den Begleiter verursachten Störungen können ihre Bahnen derart beeinflussen, daß einige Kometen schließlich das Sonnensystem verlassen. In anderen Fällen gelangen die Kometen durch den Einfluß der Störung auf sehr langgestreckten Bahnen in das Innere des Sonnensystems, wo sie beobachtet werden können. Davidson behauptet, daß die etwaige Existenz eines Begleiters unserer Sonne mit Hilfe instrumenteller Forschung im infraroten Spektralbereich nachgewiesen werden kann. Der Autor schlägt für diesen hypothetischen Stern die Bezeichnung Lufiter vor.

A. Z.

Radioteleskop Ratan 600 in Betrieb

Am Rande der Ortschaft Selentschukskaja in der nordkaukasischen Region Stawropol (UdSSR) wurde kürzlich das Radioteleskop Ratan 600 in Betrieb genommen. Es fängt Radiosignale im Bereich zwischen acht Millimeter und 30 cm aus dem All auf. Die Anlage hat einen Durchmesser von 600 m, sein Umkreis mißt etwa zwei Kilometer. Das Teleskop besteht aus 895 Aluminiumhohlspiegeln, die in zwei Achsen drehbar sind und sich vor- und rückwärts bewegen lassen. Die Spiegel fangen die aus dem Weltall kommende Strahlung auf und bündeln sie. Die Auffangfläche beträgt maximal 14000 Quadratmeter. Das Radioteleskop, dessen vier – den Himmelsrichtungen entsprechende – Sektoren unabhängig voneinander arbeiten können, ist mit elektronischen Anlagen gekoppelt, die sowohl die ermittelten Daten bearbeiten als auch berechnen, in welche Stellung die Spiegel gebracht werden müssen, damit eine Strahlungsquelle auf ihrer Bahn durch das All verfolgt werden kann.

Die Wahl der nordkaukasischen Siedlung Selentschukskaja als Standort für das Radioteleskop war nicht zufällig: die Berge, die das Dorf umgeben, schützen die Apparatur gegen Störungen. TASS hebt in einem Bericht hervor, daß es das Radioteleskop ermöglicht, Forschungen nach unterschiedlichen Programmen gleichzeitig zu betreiben und mehrere Objekte im All parallel zu beobachten. Entworfen wurde die Antenne von Wissenschaftlern in Leningrad, die zunächst an einem kleineren Modell der Anlage die Verfahren zum Empfang der Strahlung und deren Decodierung erprobt bzw. vervollkommen hatten.

ND 22./23. 1. 77

NASA-Missionspläne

Die NASA veröffentlichte vorläufige Pläne für Missionen zu den äußeren Planeten, die bis in das Jahr 1986 reichen. Daraus ist zu entnehmen, daß 1978 der Start von Jupiter-Sonden vorgesehen ist, die zunächst den Planeten passieren. Anfang der achtziger Jahre sollen dann Sonden gestartet werden, die in eine Satellitenbahn um den Jupiter einschwenken. Etwa zum gleichen Zeitpunkt will man zwei oder drei Saturn-Sonden starten; mindestens eine von ihnen soll in eine Umlaufbahn um diesen Planeten gelangen. Die Sonden, die den Saturn passiert haben, sollen in ihrem weiteren Flugverlauf auch am Uranus vorbeifliegen und dort wissenschaftliche Untersuchungen anstellen. Für Mitte der achtziger Jahre ist außerdem der Start einer Sonde geplant, die auf dem Saturnmond Titan weich landen soll. Titan ist der einzige bisher bekannte große Mond des Riesenplaneten, der eine Atmosphäre besitzt. Nach bisherigen Untersuchungen ist man der Ansicht, daß seine Atmosphäre in ihrer Dichte unserer Erdatmosphäre gleicht.

Flieger-Revue 1/77

Gemeinsam auf den Mars?

Anläßlich des gemeinsamen Raumflugunternehmens „SOJUS-APOLLO“ im Sommer 1975 äußerten einige Kosmonauten die Ansicht über einen gemeinsamen Flug der UdSSR und USA zum Planeten Mars. Der Flug zum „Roten Planeten“ erscheint heute nicht mehr so unwahrscheinlich wie noch vor etwa 10 Jahren. Die Entwicklung in der Raumfahrt der letzten Jahre hat bewiesen, daß eine Zusammenarbeit im Kosmos zur Realität geworden ist. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß ein gemeinsamer Raumflug zum Mars und damit eine gemeinsame Besatzung der beiden Weltraum-Großmächte in Betracht gezogen wird.

Dazu einige finanzielle Überlegungen: Während die Ausgaben für das Apollo-Projekt 24 Milliarden Dollar betrugen, dürfte der Flug einer gemeinsamen Besatzung zum Mars beträchtlich teurer sein – man schätzt daher die Ausgaben bis etwa 100 Milliarden Dollar. Einige optimistische Vorstellungen reduzieren diesen Betrag auf „nur“ 40 Milliarden Dollar, die von jedem der beiden Teilnehmer getragen werden müßten.

A. Z.

Aus: „KOSMOS“ (Slowakische SR)

Radiosignale vom Uranus

Mit Hilfe von Satelliten ist es im vergangenen Jahr erstmalig gelungen, Radiosignale des Uranus zu empfangen. Damit ist dieser Planet der vierte unseres Sonnensystems, bei dem nachgewiesen werden konnte, daß er Radiostrahlung aussendet. Die anderen sind die Erde, der Jupiter und der Saturn.

Flieger-Revue 2/77

Auswertung der Marsfotos von Viking 1 und 2

Eine der höchsten Erhebungen auf dem Mars, der „Mons Olympus“, ist infolge explosionsartigen Ausflusses von Lava entstanden. Zu dieser Überzeugung gelangten amerikanische Wissenschaftler, welche die Fotos auswerten, die von den beiden Marssonden Viking 1 und 2 zur Erde übermittelt wurden. Bisher herrschte die Meinung vor, daß der Mars in seinem Innern nie so heiß gewesen sei, daß es zu einer Eruption solchen Ausmaßes hätte kommen können.

Des weiteren ließen die Aufnahmen nunmehr zur Gewißheit werden, daß der Mars einst von großen Wassermassen bedeckt war. Vermutlich hat es auf dem Planeten sogar sehr energiereiche Sturmfluten gegeben, die ihre Spuren in die Oberfläche gegraben haben. Wahrscheinlich haben sie auch dazu beigetragen, daß heute auf dem Mars tiefe Schluchten anzutreffen sind, neben denen vulkanisch entstandene Massive um so grandioser wirken. Zwischen Schluchtsöhlen und Vulkangipfel bestehe mitunter ein Höhenunterschied von etwa 80 km. (Auf der Erde beträgt dieser Unterschied etwas weniger als 20 km, wenn man von der tiefsten Meeresstelle — 11034 m — ausgeht und bis zum Himalaja-Gipfel — 8848 m — rechnet.)

Aus bisher nicht klärbaren Ursachen habe sich das Wasser — nach Ansicht der amerikanischen Wissenschaftler — an die Marspole zurückgezogen, wo es zu Eis gefror. Auf Grund der Viking-Fotos wird eine etwa 10 m dicke Eisschicht vermutet. Würde sie auf einmal schmelzen, stünde die gesamte Marsoberfläche etwa einen halben Meter unter Wasser.

ND 29./30. 1. 77

Magnetschweif des Jupiter reicht bis zum Saturn

Alle 20 Jahre gehen die beiden Riesenplaneten auf „Tuchfühlung“, das nächste Mal wird es im April 1981 der Fall sein. Der Magnetschweif des Jupiter — so signalisierten die Sensoren der Sonde Pioneer 10 überraschend — hat offensichtlich eine Länge von rund 600 Mill. km und alle 20 Jahre stehen beide Planeten so zu einander, daß der Schweif die Entfernung zwischen ihnen ausfüllt. Die Sonde bewegte sich offenbar 24 Stunden innerhalb des Magnetschweifes des Jupiter, da die Sonnenwindinstrumente während dieser Zeit nichts anzeigten.

Jupiter und Erde sind die beiden einzigen Planeten, von denen man bisher weiß, daß sie infolge flüssiger Metallströme im Inneren der Planetenkörper starke Felder aufgebaut haben, die den Planetenkörper „umhüllen“. Da die Magnetfelder den Sonnenstürmen, die unser Planetensystem ständig mit riesigen Geschwindigkeiten durchqueren, Widerstand entgegenzusetzen, werden sie durch die Gewalt dieser Stürme kometschweifähnlich verformt.

Die neuen Erkenntnisse korrigieren bisherige Auffassungen, wonach der Jupiter-Magnetschweif extrem kurz sein müsse, da infolge der relativ schnellen Rotation des Jupiter das Kraftfeld stärker „aufgewickelt“ wird.

A. Z.

Die Temperatur auf der Oberfläche von Amalthea

Der fünfte Jupitermond Amalthea ist nur sehr schwer zu beobachten. Von allen Jupitermonden umläuft dieser den Planeten in der geringsten Entfernung, der Winkelabstand vom Jupiter erreicht nur 59". Die Helligkeit beträgt +13^m, wird aber von der des Jupiter überstrahlt. Unsere Kenntnisse von diesem Satelliten sind daher sehr dürftig. G. Riek vom Arizona-Observatorium gelang es nun, die Temperatur von Amalthea zu bestimmen (ICARUS 25, 333). Die Helligkeit wurde im infraroten Bereich der Wellenlängen von 8 bis 12 µm gemessen. Auf diesen Wellenlängen senden die Planeten und ihre Satelliten Wärmestrahlung aus. Für Amalthea ermittelte Riek eine Temperatur von 155 ± 15 K. Aus den gewonnenen Werten wurde eine Albedo von 0,1 und ein Monddurchmesser von 120 ± 30 km abgeleitet. Demnach wäre Amalthea um ein Geringes größer als bisher angenommen wurde.

Die ermittelte Temperatur bestätigt beinahe die theoretische effektive Temperatur. Damit dürften auch die Spekulationen beendet sein, wonach die Oberflächentemperatur wesentlich höher (bis 270 K) sein soll. Man führte dies auf das intensive Bombardement von energiereichen Teilchen aus dem Strahlungsgürtel des Jupiter zurück, die auf der Oberfläche des Satelliten niedergehen.

A. Z.

FG Sagittae

Der veränderliche Stern FG Sagittae ist wirklich beachtenswert, weil bei diesem Superriesen interessante Veränderungen der Farbe im Verlaufe der Zeit stattfinden. Nach J. D. Ferny vom David-Dunlap-Observatorium hat sich in 10 Jahren der Farbindex B-V um mehr als eine Größenklasse erhöht. Zu Beginn der 70er Jahre verlief die Veränderung des Index B-V linear und erreichte einen Wert von + 0,16^m pro Jahr. Im Jahr 1975 erreichte die Veränderung des Farbindex B-V nur einen Wert von + 0,03^m und die Größe dieses Index lag Mitte 1975 bei + 1,53^m. Die Sternhelligkeit im Spektralbereich V blieb annähernd konstant, u. zw. zwischen 8,8^m und 9,0^m. Die Ursachen für die Farbänderung des Veränderlichen FG Sagittae sind bisher nicht bekannt, weshalb eine eingehende spektroskopische Untersuchung dieses Objektes notwendig ist.

A. Z.

Berichtigung

In Heft 1/77, S. 13, muß es nach [3] richtig lauten: Dr. H. Bernhard, Astronomie und Weltanschauung. Akademie-Verlag, Berlin 1975.

Verkaufe

Teleskop 200/1600 (900,— M), Teleskop 110/950 (400,— M). Fritz Zingelmann, 213 Prenzlau, Franz-Wienholz-Str. 20.

Raumkolonie für Zehntausende?

Der 13. Raumfahrtkongress des Canaveral Council of Technical Societies in Cocoa Beach (Florida) beschäftigte sich mit der kommerziellen Nutzung der Raumfahrt. Übereinstimmung der Teilnehmer aus den USA, Kanada, Frankreich, Holland, Italien, Japan und der BRD herrschte darüber, daß sich diese Nutzung in 3 wesentlichen Phasen abwickeln wird. Zunächst werden bemannte Missionen mit mehr oder weniger sporadischen Aufenthalten im erdnahen Orbit bis zum geostationären Orbit erfolgen. Diese Phase ist mit der Entwicklung des SPACE SHUTTLE und des SPACE LAB bereits eingeleitet. An den Flügen in dieser ersten Phase werden sich jeweils bis zu maximal 6 Raumfahrer, Techniker bzw. Wissenschaftler beteiligen. Neben einer begrenzten direkten kommerziellen Nutzung sollen die Voraussetzungen für die nächste Phase geschaffen werden.

Diese zweite Phase umfaßt dann die Entwicklung und den Betrieb einer Weltraumstation mit einer permanenten Besatzungszahl von bis zu 10000. Die Hauptaufgaben in dieser Phase sind

- a) die Versorgung der Erde mit Sonnenenergie,
- b) die Fabrikation von Geräten, die sich im schwerelosen Zustand billiger und besser herstellen lassen,
- c) die Vorbereitung der 3. Phase.

Diskutiert wurde die Möglichkeit, ab 1990 eine Raumstation zu errichten, von der aus Sonnenenergie zur Erde übertragen werden kann. Der Energieübertragung durch Mikrowellen wird gegenwärtig die größte Chance eingeräumt. Laser als Übertragungsmethode wird sich nach Ansicht der Experten deswegen nicht durchsetzen, weil die Umsetzung der elektrischen Energie in Laser-Energie und die Rückgewinnung nicht nur mit hohen Verlusten behaftet, sondern auch die Absorption der Laser-Strahlen in der Erdatmosphäre bedeutend höher ist. Am zu geringen Wirkungsgrad scheitert auch die Möglichkeit, Sonnenenergie über Spiegel gebündelt direkt zur Erde zu leiten.

Die NASA vertritt die Meinung, daß bei Bereitstellung der notwendigen Finanzen der Bau einer Raumstation zur Übertragung von Sonnenenergie Anfang des nächsten Jahrzehnts beginnen könne. Erforderlich sind dafür technologische Fortschritte auf dem Gebiet der Ionentriebwerke für interorbitale Fluggeräte, um die Transportkosten in den Grenzen einer wirtschaftlichen Nutzung der Sonnenenergie zu halten.

Ziel der dritten Phase ist die Errichtung einer völlig autonomen Raumkolonie mit bis zu einigen Millionen Einwohnern (20 Mill.). Eine natürliche Atmosphäre ermöglicht Vegetation, Ackerbau und Viehzucht. Ausgehend von der Tatsache, daß sich die Menschheit bis zum Jahr 2000 nochmals verdreifacht, wurde die Weltraumtechnik unter dem Aspekt der Schaffung neuen Lebensraums behandelt. Neben den technischen Problemen dieser Raumkolonien wurden auch deren gesellschaftliche und soziale Probleme angesprochen, die einer Lösung bedürfen.

B. ZILL

Nach: ERNO aktuell, 2/3 1976.

Kommentar von Dr. Konstantin Feoktistow (UdSSR) zu einem solchen Projekt:

„Der Entwurf für die Weltraumsiedlung erscheint realistisch. In einer derartigen Stadt kann man tatsächlich Energiebilanz und geschlossenen ökologischen Kreislauf herstellen. Die Lebensbedingungen sind nicht nur akzeptabel, sondern auch anziehend. Nachdem die Menschheit nun in den Weltraum vorgestoßen ist, wird sie nicht auf der Schwelle haltmachen, sondern beginnen, ihn zu erschließen und zu besiedeln.“

Nach: PdSU, 12/77.

Erneut zum Mond

Nach längerer Pause denkt man bei der NASA wieder daran, den Mond zu besuchen, diesmal allerdings mit automatischen Sonden. Ein Programm wurde unter dem Namen „Lunar Polar Orbiter“ verfaßt. Es sieht vor, zwei Satelliten auf Umlaufbahnen um den Mond zu bringen.

Der erste dieser Satelliten soll an Bord wissenschaftliche Geräte zur Erkundung der Mondoberfläche haben. Vor allem sind es Geräte wie Magnetometer, Gravimeter und Detektoren für Röntgen- und Gammastrahlung. Der Satellit, dessen Masse 230 kg betragen soll, wird auf einer instabilen, etwa polaren Kreisbahn den Mond in einer Höhe von 100 km umkreisen.

Der zweite Satellit soll ein Hilfskörper sein, dessen Aufgabe es ist, die Verbindung mit dem wissenschaftlichen Satelliten zu sichern. Die vorausgesetzte selenozentrische Umlaufbahn ist deshalb eine Äquatorialbahn, 6000 km über dem Mond. Beide Satelliten sollen im Jahre 1979 auf die Reise geschickt werden.

M. SCHMÖGNER

Nach: „Vesmir“ 2/77

Satellitenaufnahmen von Unterwasserwellen

Sind die inneren Wellen des Ozeans vom Weltraum aus zu sehen? Auf den ersten Blick ruft diese Frage Befremden hervor. Es stellte sich jedoch heraus, daß das unter bestimmten Bedingungen möglich ist, besonders in Küstennähe oder an Mündungen großer Flüsse. Satellitenaufnahmen zeigen an den Küstenzonen charakteristische dunkle und helle Streifen. Die dunklen Streifen sind die Stellen, wo sich das saubere und salzigere Wasser wie auf einem Kamm einer inneren Welle befindet, umgekehrt sind die hellen Streifen die Täler, wo die Schicht von Süßwasser und trübem Wasser dicker ist. Breite und Richtung dieser Streifen geben eine gute Information über die inneren Wellen im Küstengebiet, eine Information, die für ein besseres Verständnis der Beschaffenheit des Festlandsockels notwendig ist.

Aus: „Iswestija“, 15. 1. 77, nach PdSU 15/77.

Buchbesprechung

Was sind Quasare?

Die Bezeichnung „Quasar“ ist eine Abkürzung von „quasistellare Radioquelle“. Es handelt sich um sternartige, d. h. punktförmige Objekte, von denen eine intensive Radiofrequenzstrahlung empfangen wird. Diese Informationen kann man im Ergänzungsband zu „Meyers Neuem Lexikon“ aus dem Jahre 1969 finden. Im laufenden Band 6 aus dem Jahre 1963 gibt es den Begriff „Quasar“ oder „quasistellares Objekt“ überhaupt noch nicht. Der Autor wendet sich mit seinem Buch also einer sehr modernen und hochinteressanten Thematik zu, die mit Sicherheit bei einem großen Leserkreis Anklang findet.

Zu den erstaunlichsten Beobachtungstatsachen bei den Quasaren gehört die große Rotverschiebung, die man in den Spektren fand. Für den Quasar 3 C 273 bestimmte Marten Schmidt 1963 z zu 0,158, das entspricht bei kosmologischer Deutung einer Fluchtgeschwindigkeit von 47400 km/s. Heute hält die Quelle OQ 172 den Rekord mit $z = 3,53$. Außerdem wurde bei 3 C 273 und bald auch bei anderen Quasaren eine Veränderlichkeit gefunden. „Kleine Intensitätsschwankungen in relativ kurzen Zeiträumen scheinen ein gemeinsames Kennzeichen fast aller Quasare zu sein“ schreibt der Autor.

Allein diese beiden Tatsachen riefen die Theoretiker auf den Plan zur Klärung des Quasarpheänomens. Der bald ausgebrochene Streit, ob bei den nachgewiesenen Rotverschiebungen der Quasare die kosmologische oder die nichtkosmologische Deutung richtig ist, konnte noch nicht eindeutig entschieden werden, obwohl vieles für die kosmologische Deutung spricht, was auch in diesem Buch deutlich zum Ausdruck kommt. Entscheidend für die Klärung des Streites ist meiner Meinung nach die Worte Ambarzumjans, mit denen der Autor sein Buch beschließt: „Die Natur ist unendlich komplizierter und vielfältiger, als uns erscheinen mag, die wir noch bis vor kurzem nichts von diesen wunderbaren Prozessen wußten. Studieren wir sie in Ruhe, und lassen wir uns dabei in unseren Schlüssen in erster Linie von den Beobachtungen leiten.“ Diese Worte sind dem Problem der Quasare wirklich auf den Leib geschneitten.

Was ist nun heute gesichertes Wissen und was sind theoretische Deutungen? Wenn man das Buch „Was sind Quasare?“ gelesen hat, kann man diese Fragen beantworten. Der Autor beschreibt die umfangreichen, vor allem spektralen Beobachtungsergebnisse und betrachtet die Quasare dabei nicht als eine gesonderte Gruppe von Himmelskörpern, sondern ordnet sie ein in die Familie der anderen Objekte, die ähnliche Beobachtungserscheinungen bieten. Bei der Darstellung der theoretischen Deutungen werden die verschiedenen Möglichkeiten besprochen und wird auch gezeigt, wo noch Zweifel vorhanden sind. Obwohl gerade die theoretischen Probleme oft sehr schwierig sind und vielfach die Relativitätstheorie zur Erklärung herangezogen werden muß, bleibt das Buch immer leicht verständlich. Wer sich für den heutigen Stand der Quasarforschung interessiert, sollte zu dem Buch greifen.

Dr. S. MARX

Daucourt: Was sind Quasare. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1976, Kleine Naturwissenschaftliche Bibliothek, Reihe Physik, Band 29. 1976. 82 S. mit 19 Abb. Kartoniert 4,90 M.

Unsere Autoren

Dr. I. Dorscher, 69 Jena, Schillergäßchen 2
M. Bork, 114 Berlin, Weizenweg 49
Horst Hoffmann, 112 Berlin, Lindenallee 49
Jörg Mosch, 825 Meßen, Gartenstr. 16
Edith Maul, 6554 Mühltröf, Ludwig-Jahn-Str. 12
Gerd Renner, 6501 Crimla Nr. 16 B
Karsten Kirsch, 69 Jena, Dresdlerstr. 39
Dr. Siegfried Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium
Hans-Joachim Schulz, 8055 Dresden, Pillnitzer Landstr. 141
Joachim Prell, 963 Crimmitschau, Marienstr. 15
Helmut Wolf, 69 Jena, Hausbergstr. 10
Mathias Schmögner, 04425 Medzev/ČSSR, Petrovova ul. 421
Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17
Miklos Vlahosz, 50 Erfurt, Schwerborner Str. 3
Bärbel Ködderitzsch, 532 Apolda, Reuschelstr. 7
Bernd Henze, 301 Magdeburg, Str. d. DSP 104

EVP 1,50 M
PZV 31052

4¹⁹⁷⁷ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Vorstellungen über die Sternentstehung · Dipl.-Astron. Bertram Tenner	97
Bisherige Ergebnisse der Marssonden Viking 1 und Viking 2 · Karl-Heinz Neumann	105

Amateure beobachten und berichten

Merkur — seine Phase und Oberfläche im Amateurfernrohr · Detlef Bedau	112
---	-----

Bildseiten

Marsfotos (NASA)	I–IV
----------------------------	------

Junge Amateure

Untersuchungen zur spektralen Empfindlichkeit des ORWO NP 27-Filmes · Dietmar Kitta	122
---	-----

Kurzberichte

Auch Uranus hat einen Ring — FG Sagittae	126
Ergebnisse der Himmelsüberwachung durch Meteorkameras	128

Aus der Literatur

Bestimmung des Gewichts der Kosmonauten im All — Quantenverstärker	128
Space Shuttle-Ausflug — Ein britischer Nova-Entdecker — Neutronenstern X-1 mit stärkerem Magnetfeld	3. Umschlagseite
Ein neues Planetensystem im „Fuhrmann“? — Ehrung für DDR-Wissenschaftler	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 15. 5. 1977

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. — Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestraße 90; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssaltz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1977 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 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 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des FZV.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Vorstellungen über die Sternentstehung

Dipl.-Astron. BERTRAM TENNER

1. Einleitung

Während man den Entwicklungsweg eines Sternes von der „Anzapfung“ seiner nuklearen Energievorräte ab theoretisch recht gut verfolgen kann, war man eigentlich bis vor kurzem mit der Theorie der Sternentstehung noch nicht viel weiter als Kant und Laplace mit ihren Theorien der Entstehung des Sonnensystems.

Das hat im wesentlichen zwei Gründe. Erstens liegt über die Anfangsstadien der Sternentwicklung fast kein Beobachtungsmaterial vor, obwohl der sowjetische Astrophysiker V. A. Ambarzumjan schon 1947 darauf hinwies, daß auch gegenwärtig noch Sterne entstehen müssen. Der zweite Grund ist theoretischer Natur und betrifft die Schwierigkeiten bei der mathematischen Behandlung von kompressiblen Gasströmungen oder die Vermutung, daß eventuell Prozesse ablaufen, deren physikalische Natur uns heute noch nicht bekannt ist. Auf letztere Theorie soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden; wir stellen unsere Betrachtungen anhand der heute bekannten physikalischen Gesetze an.

2. Die allgemeine kontraktive Entwicklung der Sterne

Zu jener Zeit, als die Energiefreisetzung durch Kernfusions- und Kernspaltungsprozesse noch nicht bekannt war, nahm man an, die Sterne schöpften ihre Energie aus einer ständigen Verkleinerung ihres Radius (Kontraktion). Bei diesem Prozeß wird ein Teil der Gravitationsenergie des Sternes freigesetzt und in Wärmeenergie umgewandelt, die wiederum in Form von Strahlung in den Raum abgestrahlt wird. Durch einfache Rechnungen kann man zeigen, daß die gesamte Gravitationsenergie des Sternes durch

$$E_{gr} = - \frac{3GM^2}{5R} \quad (1)$$

G — Gravitationskonstante

M — Masse des Sternes

R — Radius des Sternes

gegeben ist.

Würde unsere Sonne mit dem Radius $R_{\odot}$ auf die Hälfte ihres Radius ($R_{\odot}/2$) zusammenschrumpfen, so ergäbe das eine Energiefreisetzung von

$$\Delta E_{\odot} = - \frac{3}{5} GM_{\odot}^2 \left(\frac{1}{R_{\odot}} - \frac{2}{R_{\odot}} \right) = \frac{3GM_{\odot}^2}{5R_{\odot}} = 2,4 \cdot 10^{48} \text{erg.}$$

Berechnen wir nun die Zeit, die ein sonnenähnlicher Stern benötigt, um sich auf die Hälfte seines Radius zusammenzuziehen, wenn er in der Sekunde eine Energiemenge von $4 \cdot 10^{33}$ erg abstrahlt (letztere Größe bezeichnet man als Leuchtkraft des Sternes, für die Sonne ist also $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{33}$ erg/s):

$$T = \frac{\Delta E_{\odot}}{L_{\odot}} = 6 \cdot 10^{14} \text{s} \approx 20 \text{ Mill. Jahre.}$$

Im Verlaufe dieser Zeit würden sich folglich auf einem sonnenähnlichen Stern starke Veränderungen seines physikalischen Zustandes bemerkbar machen. Man bezeichnet allgemein derartige charakteristische Zeiten für den Ablauf irgendwelcher physikalischer Prozesse als Zeitskalen. Die oben berechnete sogenannte Helmholtz-Kelvin'sche Kontraktionszeitskala bezeichnet man auch als thermische Zeitskala, da beim Schrumpfungprozeß eines Sternes die Gravitationsenergie in Wärmeenergie umgesetzt wird. Man wußte bereits schon damals, als die Kontraktionszeitskala abgeleitet wurde, daß sich die Sonne über einige Milliarden von Jahren hinweg kaum verändert hat, daß sie also nicht kontrahiert. Es mußte in ihrem Innern durch irgendwelche Prozesse ein Druck erzeugt werden, der der Kontraktion entgegenwirkt. Erst im Laufe der Entwicklung der Kernphysik wurde ein Ausweg aus dieser Situation gefunden. Heute ist bekannt, daß im Innern eines Sternes Kernprozesse wirken, deren Zeitskalen bei etwa 10^{11} Jahren liegen und die folglich den Stern genügend lange im relativen Gleichgewicht halten können.

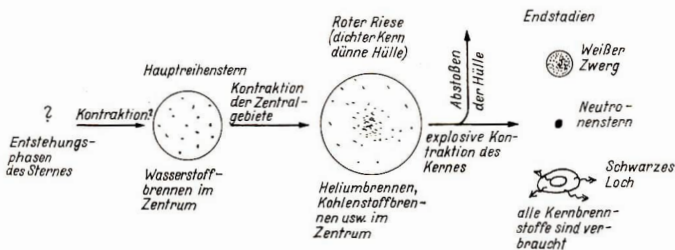


Abb. 1: Schematischer Ablauf der Sternentwicklung.

Hieraus leitet sich ein allgemeines Prinzip der Sternentwicklung ab: Sternentwicklung ist eine allgemeine Kontraktion von gasförmigen Gebilden, die durch das Zünden von Kernprozessen zeitweise unterbrochen wird und die zu immer höheren Dichten führt (Abb. 1).

3. Die interstellare Materie

Extrapoliert man unser Schema in Richtung der Entstehungsphasen des Sternes, so kommt man zu der Schlußfolgerung, daß anstelle des Sternes einmal hochverdünntes Material vorhanden war, aus dem er dann durch Kontraktion entstand. Mit anderen Worten: Sterne entstehen aus dem Gas und Staub in den Sternsystemen, d. h. aus interstellarer Materie. Dem beobachtenden Astronomen bietet sich die interstellare Materie in vielerlei Erscheinungsformen: als ausgedehnte, leuchtende nebelartige Gebiete; als dunkle, das Sternlicht verschluckende Flecken; als ringförmige, manche Sterne umgebende Gebilde usw. Das Paradebeispiel eines leuchtenden Gasnebels ist der Orionnebel, den man heute als besonders „sternentstehungsverdächtig“ Gebiet ansieht.

Vom Standpunkt der Theorie aus präsentiert sich die interstellare Materie, zumindest qualitativ, in zwei stabilen Phasen: einer dünnen, heißen (Zwischenwolkengebiet) und einer dichten, kühlen Phase (interstellare Wolken). Diese Einteilung wird durch die Beobachtung von Gaswolken in der Milchstraße gestützt. Im Zwischenwolkengebiet ist wahrscheinlich nur wenig interstellarer Staub vorhanden, da die Temperatur so hoch ist, daß der Staub sofort verdampfen würde. Das gleiche gilt für Moleküle, die bei hohen Temperaturen zerstört werden (dissoziieren). In den Wolken jedoch sind die physikalischen Bedingungen derart, daß sich Staub und Moleküle ansammeln können. Man beobachtete sogar regelrechte Staub- und Molekülwolken, die meist die dichtesten und kühlfsten Gebiete größerer Gaswolken sind. Auf die spezielle Untersuchung des Orionnebels in dieser Hinsicht kommen wir noch einmal zurück.

4. Die kontraktive Anfangsphase eines Sternes

Stellen wir uns eine kugelsymmetrische interstellare Wolke vor, die sich im mechanischen Gleichgewicht befindet, nicht rotiert und kein Magnetfeld besitzt. Ihr Radius sei R , die innere thermische Energie E_{in} und die Gravitationsenergie E_{gr} . Die Wolke besitzt außerdem eine Volumenenergie E_v , die dadurch zustande kommt, daß das Gas in der Wolke den äußeren Druck p_a des Zwischenwolkengebietes kompensiert. Aus der Thermodynamik ist bekannt, daß

$$E_v = p_a V, \quad (2)$$

wobei V das Volumen der Wolke ist. Ein weiteres physikalisches Gesetz, das hier zur Anwendung kommt, ist der sogenannte Virialsatz. Er stellt eine Verbindung zwischen den Energien der Wolke im Gleichgewicht her und lautet

$$2E_{in} + E_{gr} - 3E_v = 0. \quad (3)$$

Besteht unsere Wolke aus einem isothermen, idealen Gas der Temperatur T , so ist ihre innere Energie gegeben durch

$$E_{in} = \frac{3M}{2\mu} RT \quad (4)$$

Dabei bedeuten μ – das mittlere Molekulargewicht des Gases, $\mathfrak{R}$ – die Gaskonstante und M – die Gesamtmasse der Wolke. Durch Einsetzen von (1), (2) und (4) in (3) erhält man

$$3 \frac{M}{\mu} \mathfrak{R} T - \frac{3 G M^2}{5 R} - 3 p_a V = 0.$$

Mit $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ergibt sich daraus

$$4 \pi p_a R^3 + \frac{3 G M^2}{5 R} = 3 \frac{M}{\mu} \mathfrak{R} T \quad (5)$$

Bei gegebenen p_a , T und M besitzt diese Gleichung ein Minimum für R bei

$$R_{\min} = \left(\frac{1}{20} \frac{G M^2}{\pi p_a} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (6)$$

Für kleinere R ist der Virialsatz nicht zu erfüllen, d. h. es gibt keinen Gleichgewichtszustand. Die Wolke kann in diesem Falle also nur kontrahieren oder expandieren. Bei Kontraktion wird, wie wir oben sahen, Energie frei, während zur Expansion der Wolke von außen Energie zugeführt werden müßte. Man kann aus all den Überlegungen folgendes Fazit ziehen: Sinkt aus irgend einem Grunde der Radius einer kugelsymmetrischen Wolke unter $R_{\min}$, so beginnt sie zu kontrahieren.

Zur Verdeutlichung der Größenordnungen berechnen wir einige Zahlenwerte. Aus Beobachtungen hat man gefunden, daß das Zwischenwolkengebiet Temperaturen in der Größenordnung von $T \approx 10^4$ K und Dichten von $N \approx 0,1$ Teilchen/cm³ hat. Hieraus berechnet man $p_a = N k T \approx 1,4 \cdot 10^{-13}$ dyn/cm². Setzt man diesen Wert in (6) ein, so erhält man als Bedingung für die Kontraktion

$$R < R_{\min} = 0,14 \sqrt[4]{M} \quad \begin{array}{l} R \text{ in pc} \\ M \text{ in } M_{\odot} \end{array}$$

oder wenn man dies als Beziehung zwischen Masse und mittlerer Dichte ausdrückt

$$M > 4,3 \cdot 10^{-41} \frac{1}{\rho^2} \quad \begin{array}{l} M \text{ in } M_{\odot} \\ \rho \text{ in g/cm}^3 \end{array}$$

An dieser Beziehung ist folgende Gesetzmäßigkeit zu erkennen: Je kleiner die Dichte einer Wolke, um so massereicher müssen die daraus entstehenden Körper sein.

Für interstellare Wolkendichten von 10^{-22} g/cm³ erhält man nach obiger Beziehung $M \gtrsim 4,3 \cdot 10^3 M_{\odot}$ und $R \gtrsim 9$ pc.

Es wird also zunächst ein Gebilde mit der Masse eines gesamten Sternhaufens entstehen. Erst wenn die Dichte an bestimmten Stellen innerhalb der Wolke weiter anwächst, kommt es zur separaten Kontraktion von Teilgebieten. Dieser Prozeß, den man als Fragmentierung bezeichnet, ist heute theoretisch noch kaum erfaßt. Unsere Darstellung mit den am Anfang getroffenen Vereinfachungen ist natürlich nur ein äußerst grobes Modell und hat nur phänomenologische Bedeutung. In der Natur ist der physikalische Zusammenhang wesentlich komplizierter. Ein berühmtes Beispiel soll die Schwierigkeiten demonstrieren, die bei der Behandlung des allgemeinen Falles auftreten. Wie heute bekannt ist, rotieren die Sternsysteme differentiell, d. h. die Winkelgeschwindigkeit der Materie ändert sich in Abhängigkeit des Abstandes vom Zentrum des Systems (Abb. 2).

Nehmen wir aus unserem obigen Beispiel für die Größe der Wolke $R = 9$ pc = $2,7 \cdot 10^{19}$ cm, so folgt aus den Beobachtungen, daß sich die Umlaufgeschwindigkeit über die Strecke $2R$ hinweg um $v_2 - v_1$

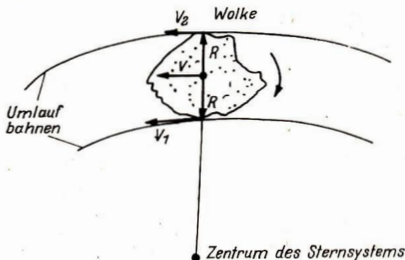


Abb. 2: Rotation einer Wolke innerhalb eines differentiell rotierenden Sternsystems.

$\approx 3 \cdot 10^3$ cm/s ändert. Unsere Wolke wird also mit der Oberflächengeschwindigkeit $(v_2 - v_1)/2$ rotieren. Der Drehimpuls eines Körpers errechnet sich zu $I' = M \cdot v \cdot R = M v_2 - v_1/2 \cdot R$ oder pro Gramm Materie des Körpers $I = I'/M = v_2 - v_1/2 \cdot R \approx 4 \cdot 10^{22}$ cm²/s.

Vergleicht man diesen Betrag mit den aus Beobachtungen einiger typischer Sterne gefundenen analogen Werten ($I_* \approx 10^{16}$ bis 10^{18} cm²/s), so fragt man sich, wohin während der Kontraktion der Hauptteil des Drehimpulses verschwunden ist!

Ein ähnliches Dilemma tritt bei Betrachtungen über das Magnetfeld auf. Das interstellare Magnetfeld hat die Eigenschaft, daß die Feldlinien an den Teilchen praktisch „angeklebt“ sind; sie werden bei der Bewegung der Teilchen mitgeführt. Der Physiker spricht in diesem Falle von einem „eingefrorenen“ Magnetfeld. Bei der Kontraktion werden die Feldlinien somit verdichtet und die Feldstärke steigt an, letztere ist proportional der Massendichte $B \sim \rho$. Nimmt man für das Feld der Wolke willkürlich $B_0 \sim 10^{-10}$ Gauß an (was weit unter den beobachteten Werten liegt), so bekäme man zum Beispiel an, daß der überschüssige Drehimpuls der Wolke durch das Magnetfeld abtransportiert, die Rotation also gebremst wird. Diesen Effekt kann man sich an einem Fahrraddynamo verdeutlichen!

Weiterhin wird vermutet, daß sich die magnetischen Feldlinien zu irgendeinem Zeitpunkt von den Teilchen trennen. Wann und warum dieser Entkopplung genannte Vorgang eintritt, ist noch unklar. Beschäftigen wir uns jetzt mit der Frage, auf welche Art und Weise der Kollaps einer Wolke eingeleitet wird.

Die heutige Theorie der Spiralstruktur von Galaxien sagt aus, daß die sichtbaren Spiralarme nichts anderes als Verdichtungen in der Verteilung der Sterne bzw. spiralförmige Stoßwellen im interstellaren Gas sind. Läuft nun eine Wolke in die Stoßwelle hinein, so wird sie plötzlich komprimiert und ihre Dichte steigt bis fast auf das Vierfache an, wobei sich die Temperatur sprunghaft erhöht. Danach wird die Wolke durch einsetzende Kühlprozesse sehr rasch abgekühlt, so daß die Dichte weiter rapide ansteigt. Auf diese Weise kann es geschehen, daß die Dimensionen der größten und dichtesten Wolken unter R_{min} „rutschen“ und damit die Kontraktion einsetzt (Abb. 3).

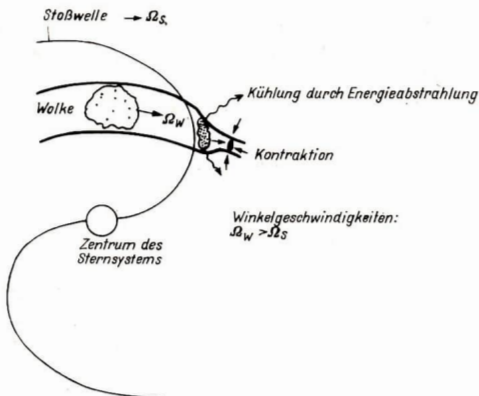
Diese Betrachtung deckt sich gut mit der Tatsache, daß junge O- und B-Sterne wie auch H II-Gebiete vorwiegend in den Spiralarmen der Galaxien vorkommen. Der größte Teil von Sternen der Scheiben- und Spiralarmpopulationen scheint auf diese Weise entstanden zu sein. Ein anderer Einleitzungsprozeß der Kontraktion muß für Sterne der Halopopulation vorgelegen haben. Man nimmt an, daß sie im Ergebnis der Fragmentierung bei der Kontraktion der galaktischen Scheibe entstanden sind.

5. Die Entwicklung zu Protosternen

Die folgenden Betrachtungen betreffen die weitere Entwicklung einzelner Teile einer ausgedehnten Wolke nach dem Prozeß der Fragmentierung. Von nun an werden wir unter dem Begriff „Wolke“ eines der Fragmente des ursprünglichen Gebildes verstehen. Die numerische Behandlung der weiteren Entwicklung führt man auf den schnellsten Großrechnern durch und braucht selbst bei Millionen von Operationen pro Sekunde einige Stunden, um ein paar hunderttausend Jahre der kontraktiven Phase durchzurechnen. Das liegt daran, daß man den Zeitschritt zwischen den aufeinanderfolgenden Entwicklungsphasen relativ klein wählen muß, um einerseits gewisse Bedingungen der Rechenverfahren zu erfüllen und andererseits den stark differierenden Zeitskalen der beteiligten physikalischen Prozesse Rechnung zu tragen.

Nehmen wir als Beispiel eine Wolke von $1 M_\odot$ mit einer Temperatur von $T = 10^\circ \text{K}$. Die Dichte sei im Zentrum 10^{-18} g/cm^3 und sinke gleichförmig bis zum Rand ab, wo sie gleich 0 ist. Bei der geringen Temperatur liegt der Wasserstoff fast völlig in molekularer Form vor, außerdem ist eine relativ große Menge Staub vorhanden. Die Wolke stürzt zunächst im freien Fall zusammen, die Temperaturerhöhung durch Kompression wird sehr rasch durch die Kühlprozesse ausgeglichen. Unter Kühlprozessen versteht man folgende Vorgänge: Durch Erhöhung der Temperatur erhöht sich die Anzahl der Stöße von Molekülen, Atomen und Elektronen untereinander. Die Bewegungsenergie der Teilchen wird nun dadurch verringert, daß Atome und Moleküle infolge des Stoßes in angeregte Zustände übergehen. Die Anregungsenergie wird nach sehr kurzer Zeit in Form von elektromagnetischer Strahlung wieder abgegeben. Eine Verringerung der Bewegungsenergie der Teilchen ist aber nichts anderes als eine Kühlung, sofern die entstandene Strahlung nicht innerhalb des Mediums wieder verschluckt wird. Als „Störfaktor“ käme in dieser Hinsicht der vorhandene Staub in Frage, dessen Dichte aber noch zu gering ist, um einen wesentlichen Beitrag zu geben.

Abb. 3:
Komprimierung der Wolken
beim Durchgang durch eine
spiralförmige Stoßwelle.



Solch ein Medium, aus dem die Strahlung frei in den Raum entweichen kann, bezeichnet man als optisch dünn. Die Entwicklung verläuft in diesem Stadium also isotherm. Die sogenannte dynamische Zeitskala für den Kollaps im freien Fall kann man grob abschätzen zu

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}} s = \sqrt{\frac{2R^3}{GM}}$$

s — Weg des freien Falles
 g — Schwerebeschleunigung

oder größenordnungsmäßig $t \sim 1/\sqrt{\rho}$.

Hieraus ziehen wir die wichtige Schlußfolgerung: Je größer die Dichte, um so schneller die Kontraktion. Bei unseren obigen Annahmen erhalten wir als Zeitskala $t \sim 10^5$ Jahre. Im astronomischen Zeitmaßstab, wo man es mit Milliarden von Jahren zu tun hat, ist diese Zeit natürlich sehr kurz und das ist auch der Grund dafür, daß man bis heute noch keine kollabierenden Wolken beobachtet hat.

Berücksichtigt man nun noch eine eventuelle Rotation der Wolke, so zeigen die numerischen Rechnungen eine während der Kontraktion vor sich gehende Abflachung parallel zur Rotationsachse. Nach Ablauf dieser Zeit ist die Staubbichte so groß geworden, daß die Wolke optisch dick wird; die Temperatur erhöht sich von nun an. Ein derartiges Gebilde bezeichnet man als Protostern.

6. Die Entwicklung des Protosternes bis zum Beginn der Kernreaktionen

Die Temperatur und damit der Druck im Zentrum des Protosternes sind nun so hoch geworden, daß der Kollaps in diesen Gebieten zunächst fast völlig zum Erliegen kommt. In dieser Phase stürzen die äußeren, noch wolkenartigen Gebiete des Protosternes mit sehr hoher Geschwindigkeit (die die Schallgeschwindigkeit im Gas übertrifft) auf den dichten Kern herab. Das führt zur Ausbildung von Stoßwellen, welche den Kern weiter aufheizen, bis der molekulare Wasserstoff bei etwa 2000 °K zu dissoziieren beginnt. Zu diesem Zeitpunkt setzt der Kollaps sehr rapide wieder ein, die Kontraktionsenergie wird zur Dissoziation des Wasserstoffes verbraucht, so daß sich die Temperatur nur wenig erhöht. Wenn keine Wasserstoffmoleküle mehr vorhanden sind, steigt die Temperatur wieder an, bis bei $T = 10^4$ °K die Ionisation von Wasserstoff und später Helium einsetzt. Der Kollaps wird schneller und verläuft wiederum fast isotherm, da die freigesetzte Energie nicht zur Aufheizung des Gases, sondern zur Ionisation verwendet wird. Sind Wasserstoff und Helium im Kern vollständig ionisiert, so ist der Radius unseres Protosternes mit $M = M_{\odot}$ auf —, wie grobe Abschätzungen zeigen — $R \approx 60 R_{\odot}$ zusammengeschrunken.

Daraus können wir folgende Schlußfolgerung ziehen: Der stetig verlaufende Kollaps einer Wolke wird durch auftretende dynamisch instabile Phasen (Kühlphase am Anfang des Kollaps, Dissoziation von H_2 , Ionisation von H und He) zeitweilig beschleunigt und wieder verlangsamt.

Nachdem der Kern des Protosternes vollständig ionisiert ist, steigt die Temperatur bei weiterer Kontraktion wieder an, und sie erreicht schließlich einen Wert, der für das hydrostatische Gleichgewicht gilt. Die schnell verlaufenden, kollapsartigen Anfangsstadien eines Sternes sind damit beendet. Die weitere Entwicklung kann von jetzt ab als Aufeinanderfolge von Gleichgewichtszuständen betrachtet und entsprechend mathematisch behandelt werden.

Es stellt sich zunächst heraus, daß der Protostern zu Anfang der von nun an langsam verlaufenden Kontraktion voll konvektiv ist. Das bedeutet, daß die Kontraktionsenergie vom Zentrum nach außen durch aufsteigende heiße (und entsprechend in den äußeren Gebieten abgekühlte absinkende) Gas-massen transportiert wird. Die effektive Temperatur (nicht zu verwechseln mit der Temperatur im Zentrum!) des Protosternes beträgt jetzt 3000 °K. Der Japaner Hayashi hat 1966 gezeigt, daß Sterne mit kleineren effektiven Temperaturen nicht unter annähernd hydrostatischem Gleichgewicht existieren können.

Die nun folgende Phase der Sternentwicklung bezeichnet man aus diesem Grunde auch als Hayashi-phase. Sie ist nichts anderes als eine Helmholtz-Kelvinische Kontraktion, die unter angenähert konstanter Temperatur verläuft. Wir können also schreiben

$$L = - \frac{\Delta E_{gr}}{\Delta t} \quad \text{oder besser} \quad L = - \frac{\alpha E_{gr}}{\alpha t} = \frac{3\alpha}{5\alpha t} \left(\frac{GM^2}{R} \right)$$

und, da $L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4$, folgt

$$4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4 = - \frac{3GM^2 \alpha R}{5R^2 \alpha t}$$

oder nach Integration

$$R = \left(\frac{GM^2}{20\pi \sigma T_{eff}^4} \right)^{1/3} t^{-1/3}.$$

Für unseren Protostern mit $M = M_\odot$ und $T_{eff} = 3000$ °K ergibt sich

$$R = 6,2 \cdot 10^{15} t^{-1/3}.$$

An dieser Gleichung ist zu erkennen, daß die Kontraktion am Anfang der Hayashi-Phase relativ schnell vor sich geht und dann mit fortschreitender Zeit immer langsamer wird. Da $L \sim R^2 \sim t^{-2/3}$, sinkt die Leuchtkraft rapide ab, und die Entwicklungslinie im Hertzsprung-Russell-Diagramm verläuft sehr steil nach unten (Abb. 4). Das Ende der Hayashi-Phase ist erreicht, wenn der Energietransport durch Strahlung den durch Konvektion überwiegt. Es stellt sich nun im Protosterninnern Strahlungsgleichgewicht ein. Das bedeutet, daß ein Volumenelement des Gases soviel Energie abstrahlt, wie es von den tiefer liegenden Schichten erhält.

In diesem Falle gilt

$$L \sim \frac{M^{5.5}}{R^{0.5}} \quad \text{oder} \quad \frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{M}{M_\odot} \right)^{5.5} \cdot \left(\frac{R_\odot}{R} \right)^{0.5}$$

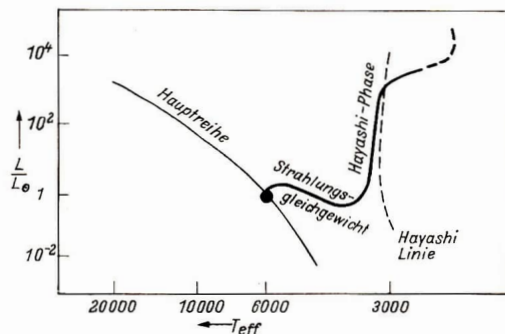


Abb. 4:
Schematische Entwicklung eines Protosternes von $1 M_\odot$.

Nun ist aber

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \frac{R^2 T_{\text{eff}}^4}{R_{\odot}^2 T_{\text{eff}\odot}^4},$$

so daß wir erhalten

$$\left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^{2.5} = \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{5.5} \left(\frac{T_{\text{eff}\odot}}{T_{\text{eff}}}\right)^4.$$

Am Ende der Hayashi-Phase ($T_{\text{eff}} = 3000 \text{ }^{\circ}\text{K}$) ergibt sich mit $M = M_{\odot}$ und $T_{\text{eff}\odot} = 6000 \text{ }^{\circ}\text{K}$

$$R \approx 3R_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ cm.}$$

Die weiter anhaltende Kontraktion erfolgt von nun an unter Strahlungsgleichgewicht, die Temperatur des Kernes erhöht sich weiter, bis schließlich die Zündtemperatur der thermonuklearen Reaktionen erreicht ist. Die Kontraktion kommt völlig zum Stillstand, und die Leuchtkraft wird jetzt durch die Energiefreisetzung bei den Kernreaktionen gedeckt. Unser Protostern hat die sogenannte Alter-Null-Hauptreihe erreicht und ist zu einem jungen Hauptreihenstern geworden. Der hier aufgezeigte Ablauf der Sternentstehung ist, wie bereits erwähnt, nur eine grobe Vereinfachung der tatsächlichen Verhältnisse, ja es ist sogar noch teilweise unklar, ob die Anfangsphasen der Sternentwicklung nicht etwa grundlegend anders verlaufen. Neuere Rechnungen deuten zum Beispiel darauf hin, daß sich die dichtesten Wolkengebiete nicht im Zentrum, sondern in einem Ring um das Zentralgebiet herum formieren. Es besteht aber die Möglichkeit, daß dieser Effekt numerischer Natur ist, d. h. durch die Art des Lösungsverfahrens der Gleichungen zustande kommt.

Eine weitere, heute noch offene Frage ist die Massenverteilung der Sterne: Warum entstehen Sterne in einem bestimmten Massenintervall mit der beobachteten Massenverteilung? Dieses Problem könnte eventuell mit der Turbulenzverteilung in einer kompressiblen Gasströmung zusammenhängen und bedarf noch weiterer theoretischer Untersuchungen und quantitativ besseren Beobachtungsmaterials.

7. Beobachtungen zur Sternentstehung

a) Globulen

Wie wir gesehen haben, kollabieren nur die dichtesten, kältesten Gebiete der interstellaren Materie zu Sternen. Kühl bedeutet aber, daß diese Gebilde kaum Strahlung aussenden und damit der Beobachtung im optischen Bereich unzugänglich sind. Anders sieht es im Radiobereich aus, wo sich z. B. Moleküle durch ihre Radiostrahlung bei Rotationsübergängen bemerkbar machen. Die 21-cm-Emission der Wasserstoffatome hat man in den kühlen Gebieten nicht gefunden, was darauf hindeutet, daß hier der Wasserstoff fast ausschließlich in molekularer Form vorliegt.

Man kennt bereits seit längerer Zeit dunkle, das Licht des Hintergrundes absorbierende Gebiete — die Globulen — und unterscheidet zwei Typen von ihnen:

1. Kleine dunkle Gaswolken, die optisch einen Teil von einem Emissionsnebel abdecken. Ihre Massen bewegen sich in der Gegend von $0,01 - 1 M_{\odot}$, und sie dürften damit kaum für die Sternentstehung in Frage kommen.
2. Größere Dunkelwolken, die das Sternlicht um $3^m - 10^m$ abschwächen. Letztere sind die stärksten bis heute bekannten Verdichtungen des interstellaren Gases und zeichnen sich durch CO-Emission und OH- bzw. H_2CO -Absorption aus.

Der Emissionsvorgang geht so vonstatten, daß ein CO-Molekül mit einem H_2 -Molekül zusammenstößt und dabei in Rotation versetzt wird. Nach kurzer Zeit wird die Rotationsenergie in Form von Radiostrahlung wieder abgegeben. Aus der Stärke der Emission kann man so auf die Dichte von H_2 schließen und erhält Werte $n(\text{H}_2) \geq 3 \cdot 10^3$ Moleküle/cm³. Die Temperaturen wurden zu $T \approx 10 \text{ }^{\circ}\text{K}$ bestimmt. Eine Dunkelwolke im Orion besitzt zum Beispiel eine Dichte von $n(\text{H}_2) = 10^4/\text{cm}^3$ und den sichtbaren „Radius“ von $R = 0,1 \text{ pc}$. Mit $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot m(\text{H}_2) \cdot n(\text{H}_2)$ ($m(\text{H}_2)$ — Masse des Wasserstoffmoleküls = $3,32 \cdot 10^{-24} \text{ g}$) ergibt sich die Masse der Globule zu $M = 2 M_{\odot}$. Nach unseren obigen Überlegungen über die Grenzmasse der Konzentration wäre es also durchaus möglich, daß sich diese Globule im Stadium des Kollaps befindet. Ein Beweis ist das jedoch bei weitem nicht, da die Meßwerte mit ziemlich großen Fehlern behaftet sind.

b) Molekülwolken

Besonders hoffnungsvoll in Bezug auf die Sternentstehung scheint die Beobachtung der Molekülwolken zu sein. Als Beispiel betrachten wir eine Molekülwolke im Orionnebel (OMC-1). Im Zentrum dieser Wolke befindet sich ein Nebel, der Infrarotstrahlung emittiert, der Kleinman-Low-Nebel.

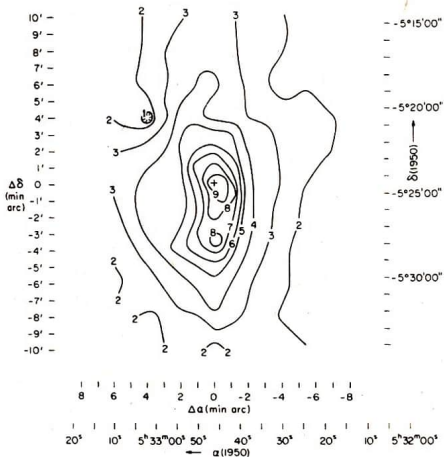


Abb. 5:
Intensitätsverteilung der CO_2 -Radiostrahlung in der Orion-Molekülwolke. Die Strahlung des Zentrums (+) ist auf 10 normiert.

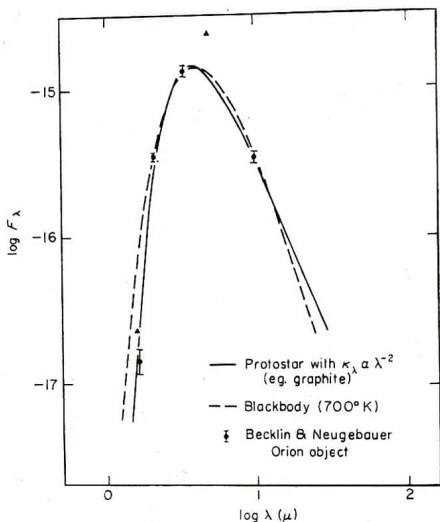


Abb. 6:
Beobachtete Intensitätsverteilung des Becklin-Neugebauer-Objektes im Infraroten (Punkte mit Fehlerbalken) und Vergleich mit den berechneten Verteilungen eines $5 M_{\odot}$ -Protosternes (—) sowie eines Schwarzen Körpers der Temperatur $T = 700^{\circ}\text{K}$ (---).

Berücksichtigt man die Entfernung des Orionnebels mit 500 pc, so erhält man mit dem Winkeldurchmesser des CO-Emissionsgebietes eine lineare Ausdehnung der Molekülwolke von 9 pc bzw. den „Radius“ von 4,5 pc. Wenn $n(\text{H}_2) \geq 10^3$, dann ergibt sich für die Masse der Wolke $\geq 10^5 M_\odot$, also wesentlich mehr als die Gesamtmasse des optisch sichtbaren Orionnebels ($M \leq 500 M_\odot$). Für diese Molekülwolke wären ebenfalls die Bedingungen der Kontraktion erfüllt. Der Intensitätsverlauf der CO-Emission (Abb. 5) und anderer Moleküle deutet auf eine Abflachung der Wolke hin, sofern erstens das Gebilde kontrahiert und zweitens kein Projektionseffekt vorliegt. Die Verteilung der Radialgeschwindigkeiten weist auf eine Rotation der Wolke, die den Kollaps auf die Zentralgebiete mit der Masse $M \approx 630 M_\odot$ beschränken würde. Leider stellen diese Beobachtungen auch keinen exakten Beweis der Kontraktion dar, da nicht alle Moleküle den oben besprochenen Intensitätsverlauf zeigen und die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Moleküle mit anderen Teilchen der interstellaren Materie während des Kontraktionsprozesses noch zu wenig untersucht wurden.

c) Infrarotobjekte

Im Orionnebel findet man innerhalb der ausgedehnten CO-Molekülwolke einige punktförmige Infrarotquellen. Das bekannteste dieser Objekte ist das Becklin-Neugebauer-Objekt. Larson, der eine Vielzahl von Modellrechnungen zur Sternentstehung durchführte, hat gezeigt, daß das kontinuierliche Spektrum des Becklin-Neugebauer-Objektes dem eines Protosternes von $5 M_\odot$ sehr ähnlich ist (Abb. 6). Nördlich von OMC-1 wurde eine weitere Molekülwolke entdeckt (OMC-2), in der sich ebenfalls eine Infrarot-Punktquelle befindet. Hieraus könnte man schlußfolgern, daß derartige Infrarotobjekte unterschiedlicher Intensität innerhalb ausgedehnter Molekülwolken nichts anderes sind, als vor kurzem optisch dick gewordene Protosterne, was sich ja gut mit der Theorie decken würde. Die endgültige Bestätigung oder Widerlegung dieser Vermutung steht aber noch aus. Man hofft heute, daß in naher Zukunft extraterrestrische Beobachtungen mit Hilfe von automatischen oder bemannten Orbitalstationen die Lücken in der Theorie schließen und uns zu einem exakteren Bild der Entwicklung im Weltall verhelfen werden.

Bisherige Ergebnisse der Marssonden Viking 1 und Viking 2

KARL-HEINZ NEUMANN

Die Abb. 1 – 7 auf den Bildseiten I – IV.

Die beiden amerikanischen Marssonden vom Typ Viking erreichten im Juli und im September 1976 unseren Nachbarplaneten. Die Sonden bestanden aus einem Orbitalteil, der in einer Umlaufbahn um den Planeten verblieb, sowie aus einem „Lander“, der auf der Oberfläche des Planeten aufsetzte. Der Lander von Viking 1 erreichte die Marsoberfläche am 20. 7. 1976 um 11^h12^m07^s WZ auf einem Punkt mit den Koordinaten 22,46° nördlicher Breite und 48,01° westlicher Länge. Die Zeitangabe bezieht sich auf die Erd-Empfangszeit.

Der Landekörper von Viking 2 setzte am 2. 9. 1976 um 22^h58^m22^s bei 47,49° nördlicher Breite und 225,67° westlicher Länge auf. Viking 1 war am 20. 8. 1975, Viking 2 am 9. 9. 1975 gestartet worden. Für die Auswahl der Landegebiete nutzte man Radarmessungen, die mit dem großen Radioteleskop von Arecibo ausgeführt wurden. Nach dieser Sondierung erwies sich ein von den Geologen als günstig angesehenes Gebiet als extrem rau. Die schließlich auf Grund der Radarmessungen ausgewählte Region war recht homogen und ließ keine besonders markanten Formationen erkennen. Das erschwerte in gewisser Weise die Suche des Landplatzes auf den vom Orbiter übermittelten Bildern der Marsoberfläche. Erst nach mehreren Sondierungen und Untersuchungen der Aufnahmen, die entlang des 48. Breitengrades gemacht worden waren, entschied man sich für den Landeplatz von Viking 2. Es handelt sich um ein Gebiet, welches man als sehr eben definierte. Vorher festgestellte relativ hohe Dünen bestätigten sich nach den ersten übertragenen Bildern der Umgebung des Landplatzes vom Viking 2-Lander nicht.

Für Marsortszeit erreichte Viking 1 die Oberfläche des Planeten gegen 16^h30^m, also am Marsnachmittag. Das Landegerät von Viking 2 dagegen landete am Marsvormittag, nach Marsortszeit 9^h49^m. Um die Höhe des Landeortes über dem Normalnull des Mars zu bestimmen, wurden die Werte der Luftdruckmessungen herangezogen. Als Wert des Normalnulls definierte man 6,1 mb. Man kam dabei für

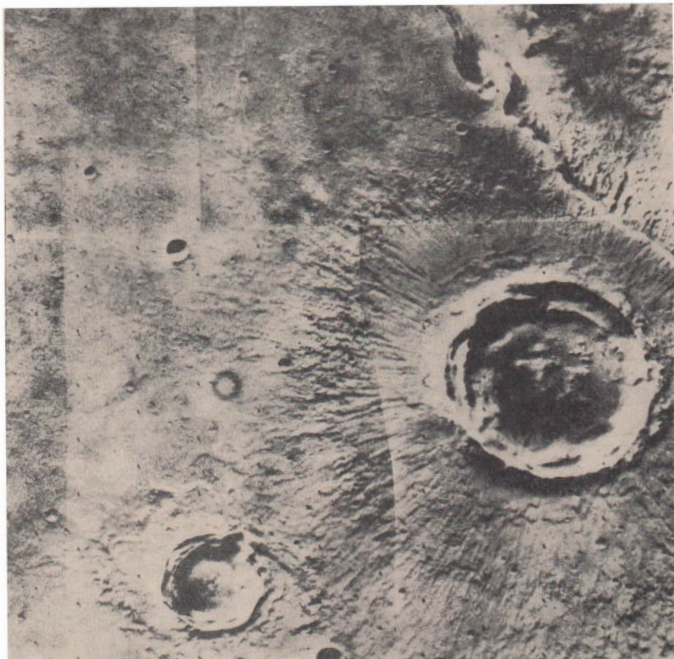


Abb. 8: Relativ junger Einschlagskrater von etwa 30 km Durchmesser; aufgenommen vom Viking 1-Orbiter. Er liegt west-nordwestlich des Landeplatzes von Viking 1. Das ausgeworfene Material ist radial streifenförmig um den Krater angeordnet. Auffällig ist der doppelte Wall des Kraters. Links unten im Bild ein weiterer kleinerer Einschlagskrater, bei dem das Material der Umgebung aussieht, als wäre es heausgeflossen und dann erstarrt.

Viking 1 auf den Wert von $-2,9$ km und für Viking 2 auf $-4,9$ km. Messungen mit einem Beschleunigungsmesser ergaben etwas geringere Werte. Auch scheint es fraglich, ob der Landeplatz von Viking 2 tatsächlich ein sehr tiefliegendes Tal ist.

Schon die ersten Bilder der Landestellen zeigten eine relativ feste Oberfläche, die mit einzelnen Gesteinsbrocken übersät ist. Bei genauerer Untersuchung konnte man doch eine Reihe von Unterschieden feststellen. Ein einfacher Vergleich der Gesteine in der näheren Umgebung der Landestelle von Viking 2 (Utopia-Planitia-Region) mit der von Viking 1 zeigt, daß es sich bei dem ersten Gestein um vulkanisches Tiefengestein handelt, das beim Auswurf stark entgaste wurde. Die Steine in der Umgebung der Landestelle von Viking 1 dagegen erscheinen kompakt ohne größere Vertiefungen, daneben erkennt man in etwas weiterer Entfernung auch einzelne Sanddünen. Das Oberflächenmaterial ist hier nicht so dicht und tragfähig wie im Landegebiet von Viking 2. Die Form der Steine deutet darauf hin, daß in beiden Landegebieten die Erosion äußerst gering gewesen ist, da man sich kaum vorstellen kann, daß es sich hierbei um geologisch sehr junges Auswurfgestein handelt.

Die Panoramaaufnahmen zeigen den Marshorizont bis zu einer Entfernung von rund 3 km. Die am Horizont erkennbaren geringfügigen Erhebungen sind wahrscheinlich Kraterwälle. Die Landschaft

der Landestelle von Viking 1 scheint ein schwach ansteigendes Plateau zu sein. Auf einer der Aufnahmen erkennt man am linken Bildrand einen relativ großen Stein (Vergl. Abb. 1). Er ist rund 8 m vom Lander entfernt, hat eine Höhe von rund 1 m, der Durchmesser beträgt etwa 3 m. An den flachen Sanddünen ist auch die vorherrschende Windrichtung deutlich zu erkennen. Die gewonnenen Farbaufnahmen zeigen nicht nur einen rostroten Boden, sondern auch einen rosafarbenen Himmel, der durch die Streuung des Sonnenlichtes an feinen Staubpartikeln diese Färbung angenommen hat.

Auf den Farbaufnahmen der beiden Landestellen lassen sich in der Färbung der den Boden bedeckenden Steine auch einige Unterschiede feststellen. An der Landestelle von Viking 1 zeigen einzelne Gesteinsbrocken zum Teil dunklere bis bläulich wirkende Färbungen, die an den Gesteinsbrocken in der Nähe der Landestelle des zweiten Gerätes nicht festzustellen sind. Mit beiden Landegeräten erfolgten mit einem Fluoreszenzspektrometer Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Marsbodenmaterials. Als vorläufige Werte wurden angegeben: Magnesium 2,0 bis 5,5 %; Aluminium 2,0 bis 5,0 %; Silizium 18,5 bis 24,0 %; Schwefel 2,0 bis 5,0 %; Cer 0,1 bis 0,6 %; Kalium 0 bis 0,8 %; Titan 0,3 bis 0,5 % und Eisen 12,5 bis 15 %. Durch Erhitzung der Bodenproben wurde hydratisch gebundenes Wasser freigesetzt. Das Material aus der Chryse-Region enthielt 0,3 % und aus der Utopia-Region etwa 1,5 %. Man hat außerdem Evaporite, Gips und einen hohen Schwefelgehalt des Bodens festgestellt. Das läßt auf die Einwirkung von Wasser schließen. Darauf deuten auch Eisenoxidhydrate, die in obersten Schichten des Marsbodens zu finden sind. Drei bis vier Prozent des Materials sind magnetisch. Das Bodenmaterial ist außerordentlich reaktiv-freudig, es müssen Verbindungen vorhanden sein, aus denen relativ leicht aktiver Sauerstoff freizusetzen ist.

Die Suche nach biologischen Objekten, also Mikroorganismen in den Bodenproben, stand im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Nach den ersten Untersuchungen in den drei verschiedenen Experimenten kamen die Wissenschaftler zu widersprüchlichen Auffassungen. Wegen der extrem starken chemischen Reaktionen war es aber nicht sicher nachzuweisen, ob die angenommene Konzentration von etwa 1000 Mikroorganismen pro cm^3 real ist oder nicht. Bis zum Ausfall der Analyseelemente bzw. des Greifarms Anfang 1977, nachdem der Mars von der Erde aus gesehen wieder „hinter“ der Sonne aufgetaucht war, lagen noch keine endgültigen Entscheidungen über die Frage „Mikroorganismen ja oder nein?“ vor. Die amerikanischen Wissenschaftler analysieren weiterhin die Ergebnisse.

An beiden Landern sind meteorologische Sensoren angebracht. Sie liefern fast kontinuierlich Angaben über Temperatur, Atmosphärendruck und Windgeschwindigkeit. In der relativ kurzen Zeit des Marsjahres konnten Werte gefunden werden, die den bisherigen Vorstellungen im wesentlichen entsprechen. Der Luftdruck am Boden lag z. B. Anfang September 1976 bei Viking 1 in der Größenordnung 7,14 mb, beim Lander bei rund 7,78 mb. Es gab eine Amplitude des Tagesganges von etwa 0,1 mb. Als maximale Temperatur konnte von Lander 1 minus 29 Grad Celsius und von Lander 2 minus 30,5 Grad Celsius gemessen werden. Die täglichen Maximalwerte wurden gegen 15^h30^m Marsortszeit erreicht. Als Temperaturminima wurden von beiden Landern Werte von etwas über -80 Grad festgestellt. Als mittlere Windgeschwindigkeit ergaben sich Werte von rund 4,5 m pro Sekunde und als Maximale rund 9 m pro Sekunde. Die in den ersten Monaten festgestellte dominierende Windrichtung stimmt nicht mit der Windrichtung überein, die die Sanddünen geprägt hat. Wahrscheinlich sind diese durch die großen Staubstürme entstanden. Die Windgeschwindigkeiten zeigen einen Tagesgang.

Von den beiden Marslandern wurden die Marsatmosphäre sowie die meteorologischen und topographischen Einzelheiten der Oberfläche während der Marsumrundungen untersucht. Im folgenden eine Zusammenfassung der wichtigsten bisherigen Erkenntnisse: Bei dem Wasserdampfgehalt der irdischen Atmosphäre gibt man diesen in Form der Schichthöhe des auskondensierten Wassers an. Er liegt bei der Erdatmosphäre bei 1 bis 2 cm. Da der Wasserdampfgehalt der Marsatmosphäre bedeutend geringer ist, muß dieser Wert in Mikrometer angegeben werden. Als erste Ergebnisse konnte festgestellt werden, daß der Wasserdampfgehalt auf der Südhalbkugel des Mars, wo bei Beginn der Missionen Marswinter herrschte, äußerst gering ist. Die festgestellten Werte lagen bei 0 bis 3 Mikrometer. Auf der nördlichen Halbkugel (Marssommer) liegen die Werte bedeutend höher. Sie erreichen bis zu 30 Mikrometer und in höheren nördlichen Breiten sogar bis zu 100 Mikrometer. Tageszeitliche Rhythmen sind zu erkennen, das Maximum tritt meist gegen 13 Uhr Ortszeit auf. Daß zwischen Tag und Nacht ein Wasseraustausch zwischen Boden und Atmosphäre auftritt, beweisen einige Aufnahmen, die nach Sonnenaufgang gemacht worden sind. Bei der Erwärmung des Marsbodens durch die aufgehende Sonne verdunstet Wasser, welches in der noch kalten Luft kondensiert und als Nebel sichtbar wird. Aus fotometrischen Messungen hat man festgestellt, daß die Nebelschicht einem Wassergehalt von einem Mikrometer Höhe entspricht.

Auf der Nordhalbkugel ist auf fast allen Aufnahmen ein Morgendunst wahrzunehmen. Durch einzelne Filtervariationen gelang es, eine geschichtete Struktur von Dunstschleiern in unterschiedlichen Höhen nachzuweisen. Sie liegen zwischen 3 und 40 km über der Oberfläche. Über den Marstropen konnte



Abb. 9: Die zentrale Region des großen Canyons Valles Marineris. Auf dem Boden des Canyons sind massive Landmassen und einzelne Brocken zu erkennen.



Abb. 10: Die östlichen Regionen des großen Bruchs Valles Marineris. Am Rand dieses Bruches sind deutlich Erosionserscheinungen wahrzunehmen.

eine in etwa 20 km Höhe liegende Dunstschicht, die nicht aus Kohlendioxydeis besteht, nachgewiesen werden. Auch die Geschwindigkeit von Wolken ließ sich in der Äquatorzone bestimmen. Sie lag bei etwa 50 m/sec in westlicher Richtung. Direkte Staubwolken ließen sich bisher nicht nachweisen; wie schon angedeutet, enthält die Atmosphäre jedoch erhebliche Aerosolmengen, die aus Teilchen bestehen, deren Durchmesser im Mikronbereich und darunter liegt.

Während des Landeanflugs ließ sich auch die Hochatmosphäre mit Hilfe von Massenspektrometern sowie aus der Abbremsung untersuchen. Ferner wurden Temperatur-Druck- und Beschleunigungssensoren eingesetzt. Die ersten Ionen registrierte man in etwa 350 km Höhe, in 130 km Höhe besteht die Ionosphäre hauptsächlich aus O_2 -Ionen, wobei die CO_2 -Ionen nur etwa 10 % ausmachen. Die Ionentemperatur wurde in diesem Höhenbereich zu 160 Grad Kelvin und die Konzentration zu 10^5 Ionen pro Kubikzentimeter bestimmt. In diesem Bereich entstehen durch Rekombination von O_2 -Ionen energiereiche Sauerstoffatome, die in den Raum entweichen können. Das Temperaturprofil der unteren Atmosphäre ist kompliziert, die Temperatur variiert zwischen 120 und 165 Grad Kelvin, wobei lokale Maxima in 64 und 30 km Höhe auftreten. Das Druckprofil der Atmosphäre im Bereich von 90 bis 0 km Höhe erschien homogen. Aus der Fallschirmsinkgeschwindigkeit ließ sich in 2,7 km Höhe die Dichte zu $0,0136 \text{ kg/m}^3$ ermitteln.

Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre im Höhenbereich zwischen 300 und 100 km wurde mit dem Massenspektrometer bestimmt. An den Landestellen setzte man dann den Gaschromatographen (+ Massenspektrometer) ein. In Volumenprozenten ausgedrückt ergab sich folgendes Bild: Kohlendioxid (CO_2) 95 %, Stickstoff (N_2) 2,7 %, Argon (Ar) 1,6 %, Sauerstoff (O_2) 0,15 %. Es ließen sich ferner geringe Mengen an Kohlenmonoxid (CO), Xenon (Xe), und Krypton (Kr) nachweisen. Noch nicht bekannt ist das genaue Verhältnis Xenon/Krypton; ihr Gesamtanteil an der Atmosphäre entspricht aber dem der Erdatmosphäre. Außerdem ließ sich das Isotopenverhältnis einzelner Komponenten der Marsatmosphäre bestimmen. So ist das Verhältnis Ar^{36}/Ar^{40} etwa $1/3100$, während der Wert in der irdischen Atmosphäre bei etwa $1/296$ liegt. Beim Stickstoff entfallen 0,37 % auf das Isotop N^{15} , in der irdischen Atmosphäre sind es 0,60 %. Die Isotopenverhältnisse von C^{12}/C^{13} sowie O^{16}/O^{18} sind den irdischen Werten ähnlich.

Abb. 11: Marsoberfläche am Landeort von Viking 1.

Links im Bild sind die Spuren, die der Abgasstrahl des Landetriebwerkes im Marsboden erzeugt hat, sichtbar. Die einzelnen Steine haben eine porös wirkende Oberfläche.



Anfänglich wurden die beiden Mars-Orbiter für die Übermittlung von Bildern der vorgesehenen Landeplätze genutzt. Nach dem Aufsetzen der beiden Landegeräte dienten sie als Relaisatelliten für die Bild- und Informationsübermittlung zur Erde. Danach wurden sie zur weiteren Erkundung von Details der Marsoberfläche verwendet. Im marsnächsten Punkt ihrer Umlaufbahn betrug das Auflösungsvermögen der Bilder etwa 80 m. Die Hauptstrukturen der Planetenoberfläche ließen sich deshalb bedeutend deutlicher erkennen, als auf den Bildern aller früher eingesetzten sowjetischen und amerikanischen Marssatelliten und Sonden, die den Planeten passiert haben. Auf den Bildern lassen sich deutlich Formationen erkennen, die auf die Einwirkung von Wasser zurückzuführen sind, also frühere Flußläufe darstellen. Viele von ihnen kommen aus westlicher Richtung und münden im Chryse-Becken. Sie sind meist sehr flach und haben Breiten bis zu 150 km. Die Chryse-Planitia-Region ist ein Gebiet mit sehr wenig Kratern, also den „Mondmeeren“ ähnlich. Es ist anzunehmen, daß diese Landschaft durch Lavaflüsse entstanden ist, wobei man einzelne Plateaus, die deutlich über die Oberfläche herausragen, feststellen kann. Die Wassererosion mag an der Bildung zahlreicher Oberflächendetails stark beteiligt gewesen sein. Da man in den Flußbetten zahlreiche Einschlagskrater erkennen kann, liegt die Vermutung nahe, daß sie entwicklungsgeschichtlich sehr alt sind.

Einer anderen Art von Wassererosionen begegnet man in den sogenannten Kollapsregionen, z. B. in der Capri-Region. Wahrscheinlich handelt es sich hier um „Einbrüche“ der Oberfläche, da das Gebiet des Permafrostes wegen der Äquatornähe hier relativ tief liegt. Nach den Polen steigt das Gebiet des ständig gefrorenen Bodens an, um dann in den Polarregionen an die Oberfläche und darüber hinaus anzusteigen. Abb. 7 zeigt einen Teil der sommerlichen nördlichen Polarkappe. Eisbedeckte Gebiete wechseln mit eisfreien ab. Die Temperaturmessungen zeigen an der Eisoberfläche etwa -73°C und in den dazwischen liegenden eisfreien Gebieten nur rund -38°C an. Aus diesen Temperaturangaben läßt sich schlußfolgern, daß es sich hier tatsächlich um Wassereis handeln muß, denn gefrorenes CO_2 wäre bei diesen Temperaturen nicht stabil.

Bedingt durch die Existenz einer Atmosphäre auf dem Mars unterscheidet sich auch die Kraterstruktur wesentlich von der der atmosphärenlosen Himmelskörper wie Mond und Merkur. Die Meteoriten, die die Krater erzeugten, sind beim Eindringen in die Atmosphäre abgebremst worden. Beim Aufschlag wurde dann das im Boden gefrorene Wasser geschmolzen und verdampfte teilweise. Dadurch kam es zu einer Art Überschwappens des breiartig gewordenen Materials der marsoberflächennahen Schichten. Sie sind außerdem relativ flach, die Wirkung der Erosion ist damit deutlich nachweisbar. Z. T. sind auch die in die Atmosphäre eindringenden Meteoriten auseinander gebrochen, wodurch Ketten von unregelmäßig geformten Kratern entstanden.

Zusammenfassend läßt sich aus der bisherigen Auswertung der Oberflächenbilder folgendes sagen. Alle Details, mit Ausnahme der vulkanisch gebildeten Oberflächendetails wie Nix Olympika und die Tharsis Vulkankraterkette sind die Oberflächendetails relativ alt, älter als 2 Milliarden Jahre. Seit jener Zeit gab es keine wesentlichen Erosionswirkungen mehr, so daß man sagen kann, daß seit damals die Atmosphäre etwa so dünn wie heute gewesen sein muß und der Wassergehalt zumindest an der Oberfläche außerordentlich gering. Ein Vergleich der jetzt gewonnenen Aufnahmen mit denen von Mariner 9 aus dem Jahre 1972 zeigt bis auf eine Ausnahme keine Veränderungen. Neu ist lediglich ein heller Streifen, der im Gebiet Oxia-Pallus von einem vier Kilometer großen Krater ausgeht.

Für die Fragen der Kosmogonie des Planetensystems sind die Ergebnisse der beiden Viking-Missionen jedenfalls sehr bedeutungsvoll. Es wäre aber verfrüht, schon heute daraus grundsätzliche Schlußfolgerungen ziehen zu wollen.

Literatur:

- Aviation Week and Space Technology vom 26. 7., 2. 8., 13. 9., 27. 9., 4. 10., 18. 10. und 25. 10. 1976.
- Press-Kitt der NASA, Nr. 75 – 183.
- Viking News Conference (vom 9. 11. 1976).
- Der neue Mars, Veröff. d. Wilhelm Förster-Sternwarte Nr. 44.
- NASA-News, Nr. 76 – 208 u. a..

Amateure beobachten und berichten

Merkur – seine Phase und Oberfläche im Amateurfernrohr

DETLEF BEDAU

1. Zielstellung

Der Merkur ist wohl für Amateure der schwierigste Planet unseres Sonnensystems. Das hat auch seine bekannten Gründe: Er bewegt sich von der Sonne niemals mehr als 27° fort und ist dazu noch der kleinste der Planeten. Unter uns Sternfreunden ist daher die Meinung verbreitet, daß Merkur für unsere spärlichen Geräte ein unerschöpfbares Objekt darstellt. Oder hat schon jemand ernsthaft versucht, ihn mit seinem Fernrohr zu verfolgen?

Wie weit lohnt es sich nun aber wirklich, sich dem Merkur zu widmen? Das war die Frage, die ich mir stellte. 1971 [1] versuchte ich erstmals eine Antwort zu finden. Sie war sehr optimistisch: Auf dem am Tage oder in der Dämmerung auffindbaren Merkurscheibchen sind sogar hauchzarte Oberflächendetails zu sehen.

Dieser „Kurzbesuch“ beim Merkur 1971 gab den Auftakt zur ausführlichen Fortsetzung. Das Ziel gliederte sich in zwei Seiten:

1. Die „Grenzen“, Verhältnisse und Bedingungen der Merkurbeobachtungen für den Leserkreis zu ermitteln.
2. Die optimalste Arbeits- und Beobachtungsmethode zu erarbeiten.

2. Instrumente und Lage der Beobachtungsstätte

Zur Verfügung standen die Geräte der Schulsternwarte der Komarow-Oberschule in Magdeburg: Refraktor 80/1200, Reflektor 150/2250, 150/2250, sämtliche Okulartypen sowie andere Zusatzgeräte.

Nachteile:

1. Die Sternwarte steht sehr ungünstig – mitten in der Stadt, umgeben von Häusern und der Schmutzlocke Magdeburgs.
2. Die Montierungen I b der Fernrohre erwiesen sich als unzureichend genau aufgestellt.
3. Ich brauchte mindestens 30 Minuten, um zur Sternwarte zu kommen.
4. Aus privaten Gründen standen mir nur Nachmittags- und Abendstunden zur Verfügung, weshalb der Merkur nur in östlicher Elongation beobachtet werden konnte.

3. Vorbereitungen

Im April 1973 begannen die Vorbereitungen für die neue Beobachtungsperiode, die auf Mai bis Juli 1973 festgelegt wurde. Dabei konnte ich mich auf die Erfahrungen von 1971 stützen:

Protokolltabellen zu den Beobachtungen müssen jede Kleinigkeit erfassen und so gegliedert sein: 1. Datum; 2. Sonnenuntergang bzw. -kulmination für Magdeburg; 3. Merkuruntergang bzw. -kulmination für Magdeburg; 4. Elongation Sonne-Merkur; 5. scheinbare Helligkeit des Merkur; 6. scheinbarer Durchmesser des Merkur; 7. beleuchteter Teil (4. bis 7. in etwa zur Beobachtungszeit); 8. Beginn der Beobachtung; 9. Zeit des Merkurauftretens; 10. Ende der Beobachtung (8. bis 10. in MEZ); 11. Fernrohrtyp; 12. verwendete Okulare; 13. Differenz zwischen dem nach den Koordinaten aus dem Sternkalender [2] eingestellten und dem tatsächlichen Ort; 14. Höhe über dem Horizont bei Beginn und bei Ende der Beobachtung; 15. Luft (Eindruck des gesamten Himmels); 16. Sicht (Eindruck der unmittelbaren Merkurumgebung); 17. optischer Eindruck des Merkur im Fernrohr (u. a. Bemerkungen zu Phase und Oberfläche); 18. Ablauf der Beobachtung (sichtpunktartig); 19. erste Ergebnisse; 20. Behinderndes, Hemmendes; 21. Protokollzeichnungen mit den wichtigsten Angaben. Aufgrund dieser bewährten Protokolle ist es möglich, selbst nach Jahren noch eine exakte Auswertung durchführen zu können!

Die Scharfeinstellung für das Okular 40-H am Refr. 80/1200 muß genau markiert werden, da an den neueren Zeissfernrohren keine hinreichende Markierung mehr vorhanden ist.

Ermutigt durch die 71er Beobachtungen (minimalster Winkelabstand von der Sonne 9° ; minimalste Helligkeit $+2^m$) wurde der Beginn so kurz wie möglich nach der oberen Konjunktion festgesetzt, wobei sowohl bei Tag als auch in der Dämmerung, je nach der vorhandenen Zeit und Witterung, beobachtet werden sollte.

4. Durchführung und Auswertung der Beobachtung

Am 29. Mai 1973 richtete ich das erste Mal das Fernrohr zur Suche auf den Himmel. An diesem Tag, der erfolglos war, ahnte ich noch nicht, daß ich später eine kleine Merkurkarte zusammenstellen konnte.



Abb. 1:

Ein Teil des Mars-Panoramabildes (etwa 30 Grad), aufgenommen vom Lander Viking 1. Am Horizont Sanddünen und Hügel. Der große Stein links hat eine Höhe von etwa einem Meter und einen Durchmesser von drei Metern. Er ist rund acht Meter vom Landeort entfernt.

Abb. auf den S. I-IV zum Beitrag „Bisherige Ergebnisse der Marssonden Viking 1 und Viking 2“, S. 105

Abb. 2:

Umgebung der Landestelle von Viking 2. Unterscheiden lassen sich poröse und kompakte Steine sowie Sand zwischen ihnen, der leicht verweht ist. An der Horizontlinie ist die Neigung des Landers zu erkennen, die 8,2 Grad beträgt.





Abb. 3:
Viking 1-Orbiteraufnahme der Landschaft Argyre Planitia.

Links das große Argyre-Becken (Aufsturzkrater) mit deutlich sichtbarem ausgeworfenem Material. Die beiden großen Krater links darüber haben die Namen Galle und Wirtz.

Zum Beitrag S. 105

Abb. 4: unten Kollaps-Struktur in der Capri-Region. Eine Aufnahme des Viking 1-Orbiters, die am 3. 7. 1976 aus etwa 2300 km Höhe gewonnen wurde.





Abb. 5: Marsoberfläche, aufgenommen vom Viking 1-Orbiter. Der Mittelpunkt des Bildes hat die Koordinaten 17 Grad nördlicher Breite und 55 Grad westlicher Länge. Auffällig sind hier die flußlaufähnlichen Strukturen. Sie verlaufen alle nach rechts (westliche Richtung) und enden im Chryse Planitia. Man nimmt an, daß sie entweder durch Wasser oder Schlammfluß entstanden sind.



Abb. 6:
Wassereiswolken
über dem Gebiet
Noctis Labyrinthus.
Diese Viking 1-
Orbiteraufnahme
erfolgte kurz nach
Sonnenaufgang für
diese Gegend. Solche
Wolken sind für die
frühen Morgen-
stunden auf dem
Mars charakte-
ristisch. Gegen Mit-
tag kondensiert
dieses Wasser wieder
und fällt auf die
Oberfläche zurück.

Abb. 7, unten:
Eine Hoचाuf-
lösungsaufnahme
eines Teils der
nördlichen Polar-
kappe des Mars, die
vom Viking 2-Orbi-
ter angefertigt
wurde. Dieses elek-
tronisch aufbereitete
Bild zeigt die Fein-
struktur der sommer-
lichen Polarkappe.
Wegen des flachen
Sonnenstandes
sind die Schatten re-
lativ langgestreckt.



Vom 29. Mai bis 6. Juli (wegen der gerätetechnischen Bedingungen mußte leider schon hier abgebrochen werden) versuchte ich 19mal den Merkur zu finden, wobei es nur 3mal erfolglos war. Seine Helligkeit reichte von $-1^m 1$ bis $+1^m 7$, der Winkelabstand von der Sonne von 11° über 25° bis 19° , der Durchmesser von $5'4$ bis $10'5$.

4.1. Das Suchen

In Quantität und Qualität lag das Ergebnis von 1973 über dem von 1971. Nachdem entsprechendes Wetter — größere Wolkenlücken genügten — vorlag, mußten anhand des Sternkalenders von Dr. P. Ahnert [2] die Koordinaten errechnet werden: vom Merkur durch grobe Berücksichtigung der ungleichmäßigen scheinbaren Bewegung auf möglichst 0,5 min bzw. $0,1^\circ$ genau (Beobachtungszeit berücksichtigen!), von der Sonne und eventuell von der Venus.

Am Tage ging ich von der Sonne aus und korrigierte grob mit Hilfe der Venusposition die durch unzureichende Fernrohraufstellung auftretenden Fehler. Abends konnte ich dafür auch hellere Fixsterne verwenden (hierbei die Präzession beachten, da die im Sternkalender abgedruckten geozentrischen Planetenkoordinaten das Äquinoktium des gegebenen Datums zur Grundlage haben und die der Fixsterne in [3] das von 1950,0).

Hatte ich das mutmaßliche Gebiet eingestellt, begann das Aufreibendste: das Auffinden eines kleinen blassen Lichtpünktchens — besonders am Tage ein schwieriges Unterfangen.

Erste Erfahrungen ergaben:

Zur Suche eignet sich am Refraktor 80/1200 durch die Kontraststeigerung ein Okular 25-H besser als ein 40-H. Der Nachteil durch den geringeren Sehfelddurchmesser ist dabei geringer.

Unschärfe erschwert die Suche erheblich.

Um eine Überblendung der Augen bei Tagesbeobachtungen zu vermeiden, bringt eine vor dem Okular angebrachte schattenspendende Pappscheibe einen großen Nutzen.

Bei der Suche sollte man Stück für Stück und in aller Ruhe das Sehfeld abtasten, ab und zu ist der Blick zur Entspannung vom Fernrohr zu lösen. Dabei ist es wichtig, daß man eine bequeme Körperhaltung hat.

Diese ersten Erfahrungen angewandt, offenbarte sich folgendes optimales Suchverfahren:

Zuerst wird der unmittelbar eingestellte Ort grob durchsucht. Nach erfolglosem zwei- bis dreiminütigem Durchstreifen des Sehfeldes wird in Verbindung mit der Veränderung der Fernrohereinstellung erneut gesucht, so daß zum Schluß ein Gebiet von etwa 1° Grad Radius um den errechneten Ort abgetastet ist. Die Fernrohereinstellung darf hier nur um jeweils einen halben Sehfelddurchmesser verändert werden und nicht mit der Feineinstellung für die Rektaszension erfolgen, da sonst die anfänglich an der Montierung eingestellte Rektaszension für die weitere Suche ungünstig verstellt wird. Im mißglückten Fall dieser Phase wird wieder ganz von vorn angefangen: Rechnungen überprüfen, Sonne und Koordinaten neu einstellen, Scharfeinstellung an der Venus bzw. Sonne (Sonnenglas!) überprüfen, Ort einstellen. Jetzt folgt das noch genauere und gründlichere Abtasten des Gebietes.

Bei meinen Beobachtungen lag die mittlere Suchdauer bei 10 Min. Nur in einem Fall fand ich Merkur erst nach 60 Min. im Sucherfernrohr, weit ab vom errechneten Ort. Sonst lagen die Abweichungen im Durchschnitt unter 2 min. und 1° , waren aber damit größer als der Sehfelddurchmesser. Die Ursachen für diese das Auffinden wesentlich erschwerenden Abweichungen liegen wohl (atmosphärische Refraktion vernachlässigt) in der vorher ungenügend kontrollierten Aufstellung des Fernrohrs, aber auch in den Koordinaten des Merkur im Sternkalender. Diese waren in zu großen Tagesrhythmen abgedruckt. Da sich der Planet selbst nicht linear gleichmäßig bewegt, konnte die lineare Interpolation zwischen zwei Werten nur unzureichend sein. Immerhin schwankt die scheinbare Bewegung Merkurs zwischen 0° und $2,9^\circ$ pro Tag und kann sich in 8 Tagen schnell ändern! Es wäre deshalb günstiger, die Ephemeriden im Sternkalender in kürzeren Abständen und extra noch zur Stillstandszeit abzudrucken. Dazu ein Beispiel: 1974 März 54^h MEZ betrug die Merkurrektaszension laut Sternkalender $21^h58,8^m$, acht Tage später $21^h58,1^m$. Errechnet man mit Hilfe der linearen Interpolation die Koordinaten für Beobachtungen zwischen beiden Werten, erhält man auf jeden Fall eine Rektaszension zwischen $21^h58,8^m$ und $21^h58,1^m$. Diese entspräche aber auf keinen Fall der Realität, da bis zur Stillstandszeit 1974 März 94^h MEZ die Rektaszension noch um einige Minuten anwächst und danach erst auf $21^h58,1^m$ zurück geht! Analoges gilt für die Deklination.

Durch Beseitigen der Fehler zwischen eingestelltem und tatsächlichem Ort wäre es möglich, die Suchdauer erheblich zu kürzen bzw. die Anzahl der erfolglosen Beobachtungen zu verringern, also eine wesentlich höhere Auffindwahrscheinlichkeit in geringster Elongation zu erreichen.

Eine Montierung Ib ist zum Auffinden des Merkur an sich nicht unbedingt notwendig [1]. Das bewies auch der Sternfreund K.-H. Mau aus Wegeleben. Mit einem Telemotor auf dem neuen Holzdreibensteinativ gelang es ihm z. B. vom 15. Mai bis 12. Juni 1974 in 28 Tagen Merkur 14mal zu sehen, wobei 6mal dementsprechend gute Phasenzeichnungen möglich waren. Die Suche erfolgte hier mittels des Stundenwinkels!

4.2. Wie oft könnte man eigentlich den Merkur sehen ?

Hat man einen gut aufgestellten Refraktor, entsprechend genaue Koordinaten, eine bequeme und windgeschützte Sitzgelegenheit, eine genau markierte Scharfeinstellung, genügend Zeit — denn es steht fest, Merkurbeobachtungen sind über weite Strecken hinweg zeitaufwendig — zur Verfügung, so dürfte eine systematische und ersthafte Beobachtung nur von 2 Faktoren abhängig sein: von der Elongation bzw. Helligkeit des Planeten und vom Wetter.

Bei Vorhandensein der vorher genannten Umstände wäre es durchaus möglich, den Merkur ab etwa 5° Elongation — selbst am 10. 09. 73 bei 7° am Tage gesehen — und ab etwa +2,5 Größe zu beobachten. Der letzte Wert wird durch die Beobachtung des Merkur am 03. April 1971 nur +2,1 Größe bei 10,5° Elongation [1] sowie von Epsilon Gem (+3^m2!) am 9. Juni 1973 in unmittelbarer Merkurnähe in der Abenddämmerung in nur 10° Höhe erhärtet.

Nach der Auswertung von Wassertabellen vom Dez. 1968 bis Aug. 1973 für die Tage, in denen Merkur eine größere Elongation als 5° hatte, ergab sich, daß mittags 25 % und abends 30 % der Tage (abends nur östl. Elongation berücksichtigt) Luftverhältnisse besser als 3 hatten und damit eine Beobachtung möglich gewesen wäre.

4.3. Die Phasen

Der Merkur hat naturgemäß wie die Venus Phasengestalt. War sie erkennbar, wurde sie dem optischen Eindruck nach 2 bis 3mal eingeschätzt und getrennt in Kreise von (am günstigsten) 20 bis 25 mm Durchmesser eingezeichnet. Die mittlere Phase ermittelte ich aus diesen Zeichnungen und übertrug sie auf einen Sammelbogen (Abb. 1—14). Sämtliche Zeichnungen wurden am Refr. 80/1200 bei 120facher Vergrößerung angefertigt, die sich dafür als optimal erwies. Bei Abb. 1 und 2 kam ein Okular 10—0 zum Einsatz, sonst das schärfer abbildende Okular 10—M. Der Refraktor bewährte sich bei Vergleichsbeobachtungen mit einem Reflektor durch ein gestocheneres Bild besser.

Die „Hörner“ waren ähnlich denen der Venus leicht abgerundet. Am 09. 06. 73 (Abb. 4) war der nördliche Pol spitzer als der südliche (Refraktion?). Der unbeleuchtete Teil war in keinem Fall wahrnehmbar. Bei der Anwendung des Zeiss-Farbglasrevolvers kam ich zu gegensätzlichen Ergebnissen.

Als nächste wurde die Schablone aus Transparentpapier (Abb. 15) auf die Zeichnungen aufgelegt und der Phasenwinkel i_B , dessen abgeschätzte Genauigkeit trotz der Kleinheit des Scheibchens zwischen 1° und 8°, im Mittel bei 3° lag, abgelesen. Diese i_B wurden gegen das Datum in ein Diagramm eingetragen und durch eine Kurve verbunden. Diese Kurve schneidet die 90°-Linie über dem Datum der visuellen Dichotomie (Abb. 16).

Die unterbrochene Kurve gibt den geometrischen Verlauf der Phasenwinkel i_R wieder, welche ich mit Hilfe der Angaben über den beleuchteten Teil Merkurs im Sternkalender und den von Dr. P. Ahnert gegebenen Gleichungen

$$\begin{aligned} \text{(a) bel. T. } > 0,50; \sin i' = 2 \text{ (b. T. } - 0,50); i_R = 90^\circ - i' \\ \text{(b) bel. T. } < 0,50; \sin i' = 2 \text{ (0,50 } - \text{ b. T.)}; i_R = 90^\circ + i' \end{aligned} \quad (1)$$

berechnen konnte.

Zum Vergleich mit den Beobachtungen von 1973 wurden diese vom Juli 1971 im gleichen Verfahren in einem Diagramm (Abb. 17) erfaßt. Allerdings entbehrt dieses grafische Verfahren zur Ermittlung der visuellen Dichotomie einer gewissen Genauigkeit. H.-J. Blasberg gibt in [4] dazu ein mathematisches Verfahren:

$$\Delta T = \frac{\Sigma (B - R)}{\Delta i_R \cdot n}, \quad (2)$$

wobei ΔT die Differenz zwischen geometrischer und visueller Dichotomie in Tagen, $\frac{\Sigma (B - R)}{n}$ der mittlere Beobachtungsfehler F und Δi_R die mittlere tägliche Änderung der Phasenwinkel i_R im Bereich der Dichotomie darstellen. Das Ergebnis ΔT wird vom Zeitpunkt der geometrischen Halbphase addiert bzw. subtrahiert.

Diese Gleichung (2) ließ sich auf Grund der fehlenden Phasenbeobachtungen im Bereich $80^\circ \leq i_R \leq 100^\circ$ im Juli 71 nicht anwenden. Im Juni 1973 ergaben sich durch die zahlreicheren Messungen folgende Werte: Im Bereich $80^\circ \leq i_R \leq 100^\circ \rightarrow \Delta T = 3,4^d$; im gesamten erfaßten Bereich $4,6^d$. Der graphisch bestimmte Wert lag bei $5,1^d$.

Die visuelle Dichotomie erfolgte also ähnlich der Venus in östlicher Elongation früher als die geometrische, die auf Grund der starken Exzentrizität der Merkurbahn nicht wie bei der Venus mit der größten Elongation zusammenfallen muß. Während sie Juli 1971 noch 11,3 Tage vor der geometrischen lag, waren es im Juni 1973 nur noch 5,1 Tage. Da sich Merkur in Perihelnähe schneller bewegt als in

Abb.1 1973.VI.5 20.40  $i = 80^\circ \pm 5^\circ$ Sicht: 4	Abb.2 VI.6 19.30  $i = 84 \pm 2$ Sicht: 3	Abb.3 VI.9 12.00  $i = 85 \pm 3$ Sicht: 3	Abb.4 VI.9 20.10  $i = 87 \pm 1$ Sicht: 2...3
Abb.5 VI.12 17.00  $i = 96^\circ \pm 8$ Sicht: 3 ⁻	Abb.6 VI.12 20.05  $i = 92 \pm 1$ Sicht: 2 ⁻	Abb.7 VI.14 20.00  $i = 93 \pm 2$ Sicht: 2 ⁻	Abb.8 VI.16 15.15  $i = 100 \pm 2$ Sicht: 2 ⁻
Abb.9 VI.19 17.00  $i = 107^\circ \pm 3$ Sicht: 2 ⁺	Abb.10 VI.19 20.00  $i = 98 \pm 2$ Sicht: 2	Abb.11 VI.20 17.10  $i = 101 \pm 3$ Sicht: 2 ⁻	Abb.12 VI.20 20.25  $i = 109 \pm 2$ Sicht: 2 ⁺
Abb.13 VI.25 14.30  $i = 115^\circ \pm 5^\circ$ Sicht: 3	Abb.14 VI.26 20.30  $i = 123 \pm 3$ Sicht: 3 ⁻	Abb. 1-14: Protokollzeichnungen Merkurs am Refraktor 80/1200, V: 120 $\times$ (alle Zeiten in MEZ; Norden ist unten, Osten rechts; Details hier stark über- trieben wiedergegeben).	

Aphelnähe, kann man die Differenz beobachteter zu geometrischer Dichotomie in Tagen nur grob für einen Vergleich verwenden. Die Angabe des Bahn Bogens in Grad ist hierfür genauer. Die Werte für Juli 1971 und Juni 1973 sind: $34,0^\circ$ bzw. $18,8^\circ$!

Beim Vergleich der i_B mit den i_R (s. Tab. 1) zeigt sich trotz des geringen zur Verfügung stehenden Materials eindeutig, daß von den 31 zwischen 1971 und 1973 angefertigten Phasenzeichnungen 27 einen größeren Phasenwinkel – also eine schmalere Sichel – hatten, als theoretisch zu erwarten war. Diese Differenz B-R schwankt zwischen -21° und $+25^\circ$ mit einem gesamten mittleren Beobachtungsfehler von $+6,5^\circ$, bei Vernachlässigung des Wertes $\bar{F}_1$ von $+11,2^\circ$. Die Ursache für diese doch relativ große Abweichung möchte ich in 4 Hauptfaktoren gliedern: Der astronomische (rauh Charakter der Merkuroberfläche, kleiner scheinbarer Durchmesser, geringe Elongation), der atmosphärisch-

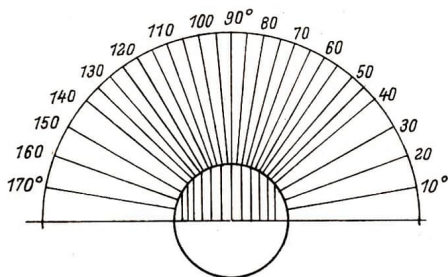


Abb. 15:
Schablone zum Messen der Phasenwinkel (bei Beobachtungen in westlicher Elongation beginnt die Zählung links).

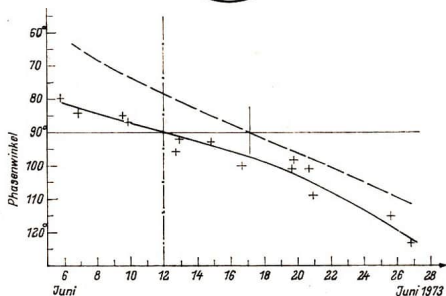
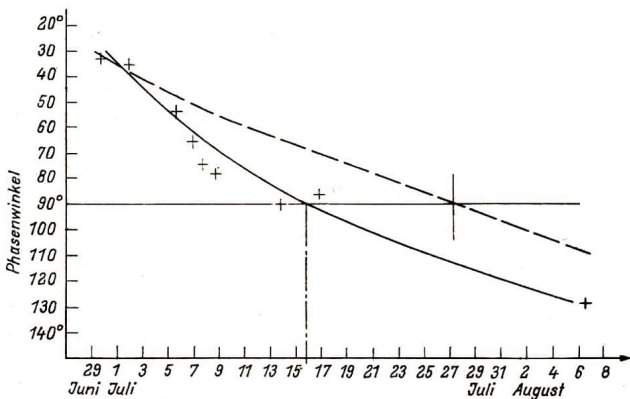


Abb. 16:
Merkurdichtotomie Juni 1973
--- Verlauf n. Sternkalender
(geometr. Dich. Juni 17,1)
— beobachteter Verlauf
(visuelle Dich. Juni 12,0)

Abb. 17: Merkurdichtotomie Juli 1971
--- Verlauf n. Sternkalender (geometr. Dich. Juli 27,1)
— beobachteter Verlauf (visuelle Dich. Juli 15,8)



optische (Wetter, große Himmelselligkeit), der instrumentelle (kleines Fernrohr) sowie der persönliche Faktor (Beobachtungs- und Zeichenfehler sowie Rechenungenauigkeiten). Infolge der ersten drei Faktoren konnte das Auge den allmählichen Helligkeitsabfall zur Schatten-grenze hin nur ungenau wahrnehmen und die Sichel erschien schmaler. Für eine exaktere Analyse der Phasenbeobachtungen, wie sie in diesem Abschnitt hauptsächlich an 2 Perioden durchgeführt wurde, sind zahlreichere Messungen unter Hinzuziehung eines Fadenkreuz-okulares in östlicher und westlicher Elongation notwendig, die mindestens 15 bis 20 Tage, je nach Sonnenabstand und der damit zusammenhängenden täglichen Bewegung, vor der graphischen Dichotomie beginnen und einmal in 3 Tagen erfolgen. Im Gegensatz zur Venus ändert Merkur seine Phase wesentlich schneller, bis zu etwa 3° pro Tag!

Tabelle 1

Datum (MEZ)	i_a	i_R	B-R	Datum (MEZ)	i_a	i_R	B-R
71 III. 23 ^a 19 ^b	53°	64°0	-12°	73 VI. 5 ^a 20,5 ^b	80°	62°1	+18°
III. 27 ^a 19 ^b	81°	80°5	+ 0°5	VI. 9 ^a 19,5 ^b	84°	65°1	+10°
IV. 8 ^a 19 ^b 5	110°	131°0	-21°	VI. 9 ^a 12,0 ^b	85°	72°3	+12°5
IV. 13 ^a 19 ^b 5	137°	153°5	-16,5°	VI. 9 ^a 20,0 ^b	87°	73°3	+13°5
(3) mittl. Beob.-fehler $\overline{F}_1 = \frac{\text{Summe aller (B-R)}}{\text{Anzahl der Werte}}$				VI. 12 ^a 17,0 ^b	96°	79°7	+16°5
$= \frac{\sum (B-R)}{n}$				VI. 12 ^a 20,0 ^b	92°	80°2	+12°
$= -12°25$				VI. 14 ^a 20,0 ^b	93°	85°2	+ 8°
71 VI. 29 ^a 20 ^b	33°	31°5	+ 1,5°	VI. 16 ^a 15,0 ^b	100°	89°2	+11°
VII. 1 ^a 20 ^b 5	35°	38°0	- 3°	VI. 19 ^a 17,0 ^b	101°	95°7	+ 5°5
VII. 5 ^a 15 ^b	54°	47°5	+ 6,5°	VI. 19 ^a 20,0 ^b	98°	96°1	+ 2°
VII. 6 ^a 20 ^b	66°	51°5	+14,5°	VI. 20 ^a 17,0 ^b	101°	97°7	+ 3°5
VII. 7 ^a 15 ^b	75°	53°0	+22°	VI. 20 ^a 20,5 ^b	109°	98°1	+11°
VII. 8 ^a 15 ^b 5	79°	56°0	+23°	VI. 25 ^a 14,5 ^b	115°	108°6	+ 6°5
VII. 13 ^a 20 ^b	90°	65°0	+25°	VI. 26 ^a 20,5 ^b	123°	111°1	+12°
VII. 16 ^a 20 ^b	87°	71°5	+15,5°				$\overline{F}_2 = +10°75$
VIII. 6 ^a 12 ^b 5	129°	110°0	+19°				
$\overline{F}_2 = +13°72$							
71 IX. 15 ^a 5 ^b	85°	79°	+ 6°				
IX. 15 ^a 8 ^b	95°	78°5	+16°5				
$\overline{F}_3 = +11°25$							
72 III. 13 ^a 18 ^b 5	109°	92°	+17°				
III. 20 ^a 19 ^b	129°	127,5°	+ 1,5°				
$\overline{F}_4 = +9°25$							

4.4. Die Oberflächendetails

Schon 1971 war ich überrascht, festzustellen, daß durch ein doch kleines Fernrohr auf der kaum 10'' großen Scheibe Einzelheiten, verschwommene und zarte Gebilde, zu sehen waren [1]. 1973 wurde nun das Hauptaugenmerk auf diese Erscheinungen gerichtet. Auf den 14 Zeichnungen konnten 9mal Einzelheiten berücksichtigt werden. Sie erschienen hauchzart als dunkle Flächen auf hellem Hintergrund, waren blickweise verschwommen, aber eindeutig auch durch gelegentliche Mitbeobachter zu sehen (in [5] sind zwei sogar nur an einem 5-cm-Fernrohr gewonnene Bilder mit Details zu finden) und vielfach nicht größer als eine Bogensekunde. Das Auflösungsvermögen des angewandten optischen Systems betrug aber nur 1,5'', trotzdem konnte ich Details von kleiner als 1'' Ausdehnung feststellen (Kontrastwirkung, Aufsummierung mehrerer kleiner Objekte zu einem großen)! Charakteristisch war, daß einige Gebilde an verschiedenen Tagen wiederzufinden waren. Ein Gebiet, das 8mal (Abb. 4, 7 bis 13) am Terminator in Äquaturnähe zu erkennen war, fiel besonders auf. Da die Bewegung des Terminators auf einer Planetenoberfläche vom Umlauf um die Sonne und der Rotation abhängt, das eben erwähnte Gebiet ständig am Terminator zu beobachten war, könnte man dem Merkur nach grober Auswertung eine gebundene Rotation zusprechen, so wie es auch bis 1965 allgemein angenommen wurde [5, 6, 7, 8]. Erst unter Berücksichtigung der 59-Tage-Rotation ergab sich, daß das waagerechte Gebilde in Abb. 12 die Summe dieser Einzelbeobachtungen darstellt. Beim Betrachten der Zeichnungen fällt auf, daß sich die dunklen Gebiete — von Antoniadi als „Solitudo“ bezeichnet [7, 8] —, besonders am Terminator in Äquaturnähe konzentrieren. Eine Interpretation dieser Erscheinung führt zu widersprüchlichen Ergebnissen und ist auf Grund des mageren Materials noch verfrüht.

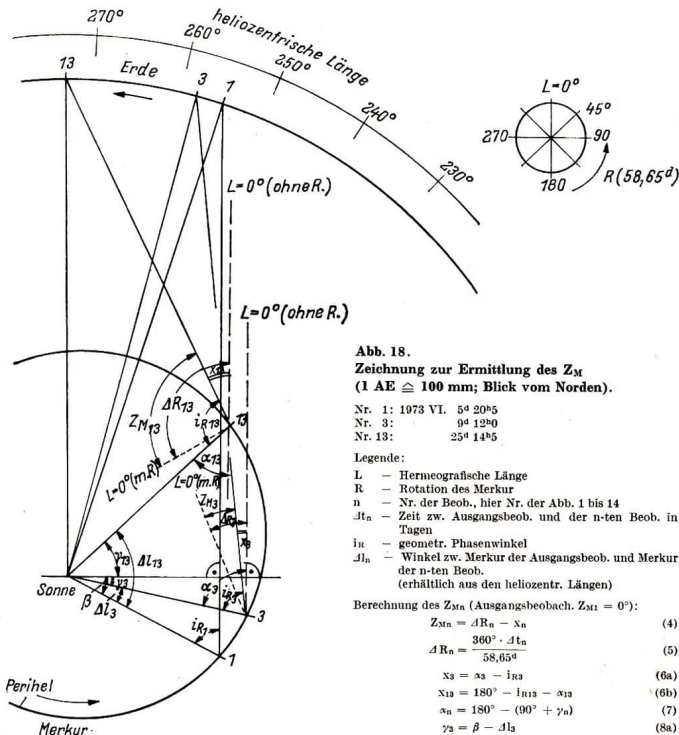


Abb. 18.
Zeichnung zur Ermittlung des Z_M
(1 AE $\cong$ 100 mm; Blick vom Norden).

Nr. 1: 1973 VI. 5^d 20^h5
 Nr. 3: 9^d 12^h0
 Nr. 13: 25^d 14^h5

Legende:

- L — Heliografische Länge
- R — Rotation des Merkur
- n — Nr. der Beob., hier Nr. der Abb. 1 bis 14
- Δt_n — Zeit zw. Ausgangsbeob. und der n-ten Beob. in Tagen
- i_n — geometr. Phasenwinkel
- Δl_n — Winkel zw. Merkur der Ausgangsbeob. und Merkur der n-ten Beob. (erhältlich aus den heliozent. Längen)

Berechnung des Z_{Mn} (Ausgangsbeob. $Z_{M1} = 0^\circ$):

$$Z_{Mn} = \Delta R_n - x_n \quad (4)$$

$$\Delta R_n = \frac{360^\circ \cdot \Delta t_n}{58,65^d} \quad (5)$$

$$x_n = \alpha_n - i_{Rn} \quad (6a)$$

$$\alpha_{13} = 180^\circ - i_{R13} - \alpha_{13} \quad (6b)$$

$$\alpha_n = 180^\circ - (90^\circ + \gamma_n) \quad (7)$$

$$\gamma_n = \beta - \Delta l_n \quad (8a)$$

$$\gamma_{13} = \Delta l_{13} - \beta \quad (8b)$$

$$\beta = 180^\circ - (90^\circ + i_{R1}) \quad (9)$$

$$x_n = \Delta l_n + i_{R1} - i_{Rn} \quad (10)$$

Die Gleichungen (4) bis (10) ändern sich mit der Stellung Erde-Merkur-Sonne (z. B. östl. o. westl. Elong.) und der Wahl der Ausgangsbeobachtung. Wenn der mathematische Weg zu langwierig ist, fertige sich eine maßstabgetreue Zeichnung (1 AE $\geq$ 100 mm) an und lese den Winkel x_n mit dem Winkelmesser ab. Der gesuchte Z_{Mn} ergibt sich anschließend unter Anwendung von (4) und (5).

4.5. Wie konnte eine Oberflächenkarte erarbeitet werden?

Als erstes mußte der Zentralmeridian Z_M — der Meridian eines Planeten, der sich genau unter der beobachteten Nord-Süd-Linie befindet — errechnet werden. Die Ausgangsbeobachtung am 05. 06. 73 erhielt den $Z_M = 0^\circ$. Da die Rotationszeit 58,65 Tage [6, 7, 8, 9] beträgt, dreht sich Merkur relativ zur Himmelskugel pro Tag um $6,14^\circ$ weiter. Unter Berücksichtigung der Umlaufbewegungen von Merkur und Erde, deren Bahnelemente [2] — Bahnneigung wurde vernachlässigt — sowie der Merkurrotation konnte ich den Z_M für jede einzelne Beobachtung zeichnerisch oder rechnerisch erhalten (Abb. 18). Er erstreckte sich von 0° bis $102,1^\circ$ (Tabelle 2). Die Gradnetzschablone (Abb. 19) wurde auf die Zeichnungen aufgelegt und Länge sowie Breite der Einzelheiten (Vorzeichen beachten!) abgelesen.

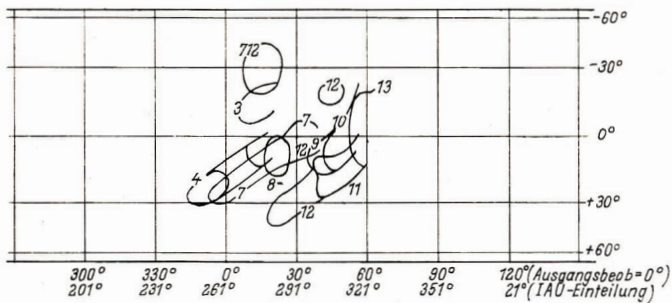


Abb. 20: Merkurkarte mit den Umrissen der beobachteten Details. (Ziffern entsprechen den Nummern der Abb. 1 bis 14).

Abb. 21: Merkurkarte, zusammengestellt nach Abb. 20

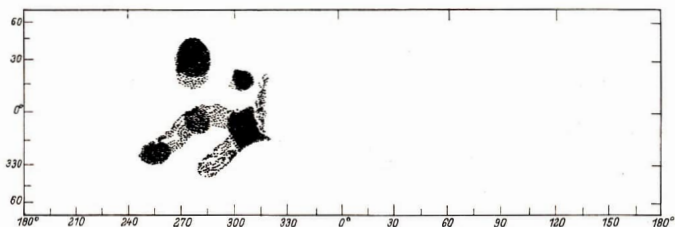


Abb. 22: Merkurkarte von Cruikshank und Chapman von 1967. Bemerkenswert bei beiden Karten ist das Vorherrschen bestimmter Streichrichtungen der dunklen Streifen.

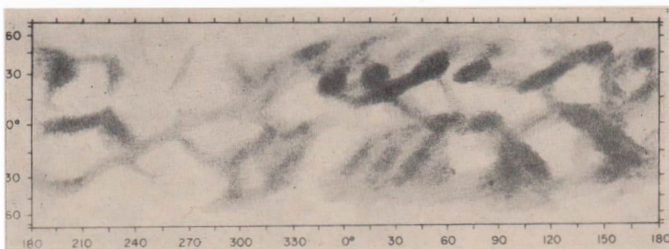


Tabelle 2

n	Datum (MEZ)	Δt	Δl	i_R	Z_M
1	1973 VI. 5 ^a 20,5 ^h	0 ^a	0 ^o	62,1 ^o	0 ^o
2	VI. 6 ^a 19,5 ^h	0,96 ^d	4,4 ^o	65,1 ^o	4,5 ^o
3	VI. 9 ^a 12,0 ^h	3,65 ^d	16,7 ^o	72,3 ^o	16,0 ^o
4	VI. 9 ^a 20,0 ^h	3,98 ^d	18,0 ^o	73,3 ^o	17,6 ^o
5	VI. 12 ^a 17,0 ^h	6,85 ^d	29,3 ^o	79,7 ^o	30,3 ^o
6	VI. 12 ^a 20,0 ^h	6,98 ^h	29,8 ^o	80,2 ^o	31,1 ^o
7	VI. 14 ^a 20,0 ^h	8,98 ^d	37,5 ^o	85,2 ^o	40,6 ^o
8	VI. 16 ^a 15,0 ^h	10,77 ^h	43,7 ^o	89,2 ^o	49,4 ^o
9	VI. 19 ^a 17,0 ^h	13,85 ^d	54,2 ^o	95,7 ^o	64,4 ^o
10	VI. 19 ^a 20,0 ^h	13,98 ^d	54,6 ^o	96,1 ^o	65,1 ^o
11	VI. 20 ^a 17,0 ^h	14,85 ^d	57,4 ^o	97,7 ^o	69,3 ^o
12	VI. 20 ^a 20,5 ^h	15,00 ^d	57,8 ^o	98,1 ^o	70,3 ^o
13	VI. 25 ^a 14,5 ^h	19,75 ^d	72,4 ^o	108,6 ^o	95,3 ^o
14	VI. 26 ^a 20,5 ^h	21,00 ^d	75,8 ^o	111,1 ^o	102,1 ^o

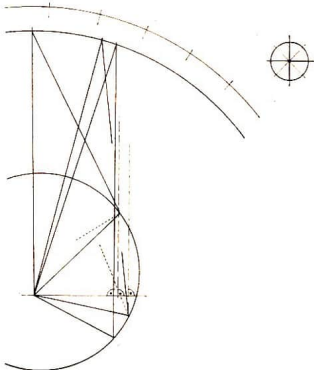
Während die Breite unverändert (Annahme: Neigung der Rotationsachse und der Bahn nahe 0°) in ein Gitternetz (Abb. 20) übertragen werden konnte, mußte die abgelesene Länge $L_{\text{Abg.}}$ noch mit dem Z_M korrigiert werden:

$$L = Z_M - L_{\text{Abg.}} \tag{11}$$

Erhält man bei Anwendung der Gleichung (11) ein negatives Ergebnis, so muß dieses von 360° subtrahiert werden, ein Ergebnis > 360° wird um 360° verringert.

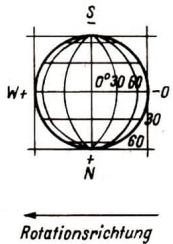
Aus der Beschreibung eines von der Sonde Mariner 10 aufgenommenen Merkurfotos in [6] und [9] S. II entnahm ich, daß der Abendterminator sechs Stunden vor der größten Annäherung an den Merkur bei etwa 20° westlicher Länge (astronautische Orientierung!) lag. Unter Berücksichtigung dieser Anmerkung konnte ich rückwirkend den Z_M für die Ausgangsbeobachtung am 5. 6. 1973 mit dem 1970 von der Internationalen Astronomischen Union-IAU-fesgelegten Gradnetz [9] errechnen. Das Ergebnis 260,7° hat wegen der unbekannten Uhrzeit der größten Annäherung und der ungenauen Angabe der Länge des Abendterminators einen mittleren Fehler von $\pm 7,4^\circ$.

Zum Vergleichen meiner aus Abb. 20 zusammengestellten und vereinfachten, nur mit dem IAU-Gradnetz ausgestatteten Karte (Abb. 21) konnte ich vor allem zwei derzeit existierende Karten, die französische Karte von H. Camichel und A. Dollfus sowie die amerikanische von C. R. Chapman und D. P. Cruikshank [6, 7, 8] heranziehen. Leider konnte keine befriedigende Übereinstimmung mit der detailreicheren amerikanischen Karte (Abb. 21 und 22) erzielt werden. Das ist eigentlich keine große Überraschung, da sich noch nicht einmal die beiden vorher erwähnten durch mit modernem Instrumentarium ausgestatteten Berufsastronomen gewonnenen Karten untereinander decken und meine an einem kleinen Fernrohr erhaltene, nur ein kleines Areal umfassende Karte wesentlich



Zu Abb. 18

Abb. 19:
Gradnetzschablone
(Himmelsrichtungen
nach Anblick durch ein
astronomisches Fern-
rohr).



detaillärmer ist. Zu meinem Pech bezogen sich meine Beobachtungen ausgerechnet auf einen mit Konturen dünn besetzten Abschnitt der amerikanischen Karte. Langfristigere und systematischere Beobachtungen sind hier vonnöten.

5. Zusammenfassung

Die „Grenzen“ sind ermittelt! Sie zeigen: Es lohnt, Merkur sowohl in der Dämmerung als auch am Tage schon ab 5° bis 7° Elongation und einer Helligkeit größer $-2\frac{1}{2}$ aufzusuchen. Ein gut aufgestelltes, kleines Fernrohr genügt zum erfolgreichen Auffinden, für Phasenbeobachtungen ist eins ab 60 mm Öffnung auf einfacher parallaktischer Montierung notwendig.

Bedingung für eine leichtere und noch umfangreichere Arbeit (visuelle Dichotomie, Oberflächen-details) ist, daß ein gut montierter Refraktor mit genau errechneten der im 5-Tage-Rhythmus für den Merkur im Sternkalender angegebenen Koordinaten und genauester Markierung der Scharfeinstellung verwendet wird. Es ist erforderlich, daß zur Beobachtung mit einer bequemen Sitzgelegenheit und Ruhe (nicht unter Zeitdruck) gehandelt wird. Der Weg zur Beobachtungsstätte sollte kurz sein, um plötzliche Wetterbesserungen ausnutzen zu können, wobei größere Wolkenlücken schon genügen.

6. Schluß

Das Ergebnis — die Beobachtbarkeit Merkurs mit kleinen Fernrohren — fiel günstiger aus, als in verschiedenen Artikeln der Fachliteratur über unseren sonnennächsten und kleinsten Planeten berichtet wird. Bestimmte, früher existierende Grenzen fallen eben mit fortschreitender — nicht an irgendeinem Punkt endender — Entwicklung und mit der Verbesserung der Geräte. Jeder spürt diesen ansteigenden Erkenntnisfluß — besonders stark aber der mit der Astronomie Beschäftigte.

Meine Arbeit sollte nicht als abgeschlossen aufgefaßt werden. Im Gegenteil, sie sollte als Anregung und Anleitung für Merkurbeobachtungen dienen.

Obwohl eine Lücke im statistischen Material über Merkurdichotomien besteht, weil zwar häufig Venusphasenmessungen durchgeführt werden, solche aber bei Merkur sehr selten sind, wird man wohl kaum einen Beitrag zur modernen, jetzt auch mit Raumfahrttechnik betriebenen Merkurforschung leisten können. Trotzdem soll und darf das keinen abhalten, sich eventuell dem sonnennächsten Planeten zu widmen. Eigene, gründlich und genau vorbereitete, durchgeführte und ausgewertete Beobachtungen entwickeln nicht nur unser Weltbild, sie bringen auch ganz einfach Freude!

Literatur:

- [1] Bedau, Detlef: „Merkur im Großstadtdunst“, in „Astronomie und Raumfahrt“ 1/73, S. 88 ff. — [2] Ahnert, Dr. Paul: „Kalender für Sternfreunde“ Jg. 1971 bis 1974. — [3] Ahnert, Dr. Paul: „Beobachtungsobjekte für Liebhaber-astronomen“, Johann Ambrosius Barth Leipzig, 1968. — [4] Blasberg, H.-J.: „Die Beobachtung der visuellen Venusdichotomie“, in „A. u. R.“ 2/72, S. 48 ff. — [5] Spangenberg, W. W.: „Über Merkur-Beobachtungen mit kleinen Fernrohren“, in „Die Sterne“ 1 — 2/64, S. 25 ff. — [6] Till, Dr. Lothar: „Porträt des Merkur“, in „Wissenschaft und Fortschritt“ 11/74, S. 491 ff. — [7] Dorschner, Dr. Johann: „Die Erforschung des Planeten Merkur“, in „A. u. R.“ 2/75, S. 33 ff. — [8] Herrmann, J.: „Der heutige Stand der Merkurforschung“, in „Die Sterne“ 4/70, S. 129 ff. — [9] Neumann, K.-H.: „Das Unternehmen Mariner 10“, in „A. u. R.“ 1/75, S. 7 ff.

Suche:

Sternatlas (Falkauer-; Atlas Stellarum; Atlas Coeli); Hoffmeister, Veränderl. Sterne; Vehrenberg, Mein Messierb.; sowj. Spiegelobj. f min. 1000 oder Spiegelteleskop m. parallakt. Montierung.

Angebote an J. Laux, 53 Weimar, Th.-Hagen-Weg 20

Junge Amateure

Untersuchungen zur spektralen Empfindlichkeit des ORWO NP-27-Filmes

DIETMAR KITTA

Schon Jahrtausende lang ist die Helligkeit eines Gestirns eines seiner wichtigsten Kriterien. Mit der Entdeckung, daß sich weißes Licht aus den Farben violett, blau, grün, gelb, orange und rot zusammensetzt, mußte der Helligkeitsbegriff differenzierter betrachtet werden. Jeder Farbe entspricht einer Wellenlänge der Lichtstrahlung. Violett ist kurzwelliges Licht von etwa 400 nm Wellenlänge, das rote Licht weist 700 nm auf. Die oben genannten Farben liegen innerhalb dieses Bereiches. Die gesamte Farbskala nennt man das Spektrum des sichtbaren Lichtes. Die spektrale Empfindlichkeit eines Lichtempfängers, das heißt sein Empfindlichkeitsmaximum in einem der Wellenlängenbereiche, muß mit in Betracht gezogen werden.

Die Schwärzungsscheibchen, die das Sternlicht bei einer Aufnahme auf dem Film hervorruft, entsprechen der Helligkeit des Gestirns. Das ist allgemein bekannt. Es gibt Fotoemulsionen, die für blaues Licht empfindlich sind, zum Beispiel die ZU 1 Platten vom VEB ORWO Wolfen. Von Aufnahmen mit solcher Art Platten kann man die Blauhelligkeit von Sternen erhalten. Solche Helligkeit wird mit m_{B} oder B abgekürzt. Ein blauer (heißer) Stern wird auf so einer Platte eine starke Schwärzung hervorrufen. Ein roter (kühler) Stern hingegen nicht, weil die Blauplatte für rotes, langwelliges Licht nicht so empfindlich ist. Dies wird in dem Buch „Kleine praktische Astronomie“ von P. Ahnert anschaulich demonstriert. Im Tafelteil ist auf Seite 156 eine Aufnahme des Sternbildes Orion abgebildet. Man vergleiche hier den Stern Betelgeuze und den Stern Bellatrix. Auf dem Foto erscheint Bellatrix heller als Betelgeuze, obwohl bei der visuellen Betrachtung Betelgeuze heller als Bellatrix erscheint. Die Ursache liegt in der spektralen Empfindlichkeit des Auges, es ist nicht blauempfindlich, sondern eben visuell. Mit dem Auge erhalten wir visuelle Größen. Eine solche Helligkeit wird mit m_{vis} oder V abgekürzt. Im V-Bereich erscheint uns Betelgeuze zwischen 0¹ und 1² (sie ist ein Veränderlicher) und Bellatrix 1⁶⁴ hell. Im B-Bereich dagegen ist Betelgeuze zwischen 1⁶⁶ und 2⁶⁷, Bellatrix liegt hier etwa bei 1⁶⁴. Im B-Bereich ist also Bellatrix wesentlich heller als Betelgeuze. Helligkeit ist also nicht gleich Helligkeit, man muß dazu angeben, in welchem Spektralbereich gemessen wird!

Ein weiteres Beispiel, wie man Farbunterschiede von Sternen wahrnehmen kann, ist der Doppelstern β Cygni oder auch Albireo genannt. Sogar ein total ungeübter Beobachter wird erkennen, daß die eine Komponente rötlich gelb und die andere bläulich weiß leuchtet. Wir haben es hier mit einem Stern zu tun, der vorwiegend im roten Spektralbereich und einem Stern, der vorwiegend im blauen Spektralbereich strahlt. Setzen wir ein Gelbfilter in den Strahlengang, so geht der blaue Stern fast völlig unter und der rote Stern erscheint hell und kräftig. Bei einem Blaufilter hingegen verliert der rote Stern an Glanz und die Helligkeit der blauen Komponente ist der der roten fast ebenbürtig.

Wir messen also bei unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedliche Helligkeit, weil die Sternstrahlung in verschiedenen Spektralbereichen unterschiedlich ist. Die physikalische Ursache ist die Temperatur der Sterne.

Unsere Frage lautet: Welche Helligkeiten erhalten wir aus den Schwärzungsscheibchen, die uns Sternaufnahmen mit dem handelsüblichen NP 27 liefern? Sind es Blauhelligkeiten? Visuelle Helligkeiten? Oder ein Gemisch zwischen V und B? Wie weit weichen die NP 27 Helligkeiten von B und V ab? Kann man diese Abweichung in Form einer Gleichung darstellen?

Diese Fragen sollen hier beantwortet werden und die Notwendigkeit ihrer Klärung wird begründet. Dazu werden hier zuerst einige Begriffe wie Farbindex, spektrale Energieverteilung und Farbgleichung erläutert.

Heute benutzt man international festgelegte Wellenlängenbereiche, in denen die Helligkeit eines Sternes gemessen wird. Das UVB-System (Ultraviolett, Blau, Visuell) ist sicher vielen bekannt. Die Differenz zwischen den in zwei verschiedenen Bereichen des Spektrums gemessenen Helligkeiten nennt man den Farbindex. Die Helligkeiten werden dabei in Größenklassen ausgedrückt, und die im längerwelligen Bereich gemessene von der im kürzerwelligen Bereich gemessenen abgezogen. Diese Differenz, also der Farbindex, ist abhängig von der spektralen Energieverteilung der Sterne, und damit ein Maß für die Sternfarbe und ein Maß für die Spektralklassen.

Eine schematische Darstellung soll das in Abbildung 1 veranschaulichen. In 1a ist die spektrale Energieverteilung für einen gelben beziehungsweise roten Stern dargestellt. Der Farbindex ist hier positiv. In 1b die Energieverteilung für einen blauen Stern, der Farbindex ist negativ. 1c zeigt den Energieverlauf bei einem Stern der Spektralklasse AO. Bei einem AO-Stern, zum Beispiel Sirius, ist die spektrale Energieverteilung bei B die gleiche wie bei V. Der Farbindex $FT = B - V$ ist hier gleich Null. B-Helligkeiten sind Helligkeiten bei 430 nm, V-Helligkeiten werden bei 540 nm gemessen. In der Literatur stehen oft gering abweichende Werte für diese Wellenlängen. Für einen A-Stern finden wir:

$$B - V = 0,0, \text{ damit } B = V.$$

Es erhebt sich die Frage, wie man praktisch in den verschiedenen Spektralbereichen messen kann. Solche Messungen realisiert man im allgemeinen durch speziell für die entsprechende Wellenlänge empfindliche Fotoplatten. Für Blauaufnahmen werden Platten benutzt, deren spektrales Empfindlichkeitsmaximum bei rund 430 nm liegt. Für visuelle Helligkeit muß dieses Maximum bei 540 nm liegen. Natürlich ist es nicht möglich Fotoplatten herzustellen, die nur für eine Wellenlänge empfindlich sind, jedoch kann der Schwerpunkt der Empfindlichkeit auf eine Wellenlänge gelegt werden. Diese bezeichnet man als isophote Wellenlänge. Will man nur die Helligkeit in einer bestimmten Wellenlänge messen, muß man ein Interferenzfilter geringer Halbwertbreite in den Strahlengang bringen.

Daß man bei Nichtbeachtung der spektralen Empfindlichkeit große Fehler machen kann, soll das folgende konstruierte Beispiel zeigen:

Ein Amateur, gut ausgerüstet mit einem Fernrohr und elektrischer Nachführung, will einen Mirastern beobachten. Dabei benutzt er ein Umgebungskärtchen, auf dem die Helligkeiten der Vergleichssterne angegeben sind. Dieses Kärtchen ist in Abbildung 2a schematisch dargestellt. Es sollen folgende Helligkeiten angegeben sein:

$a = 1,5$; $b = 2,5$; $c = 3,5$; $d = 4,0$ und $e = 5,0$. Der Mirastern ist mit v gekennzeichnet. Der Beobachter mißt der Angabe, daß es sich bei den Vergleichssternehlängen um B-Helligkeiten handelt, keine Bedeutung zu! Er entscheidet sich, diese Beobachtung fotografisch mit einer Kleinbildkamera und einem 200-mm-Teleobjektiv durchzuführen. Als Aufnahmematerial benutzt er den NP 27 Film. Von den Negativen schätzt er dann mit Hilfe der oben angegebenen Helligkeiten

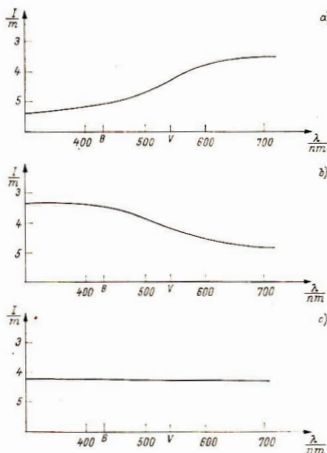


Abb. 1, oben:

1a spektrale Energieverteilung bei einem gelben beziehungsweise roten Stern.

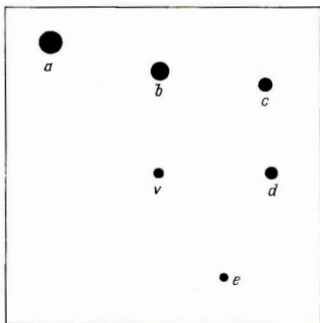
1b Spektrale Energieverteilung bei einem blauen Stern.

1c Spektrale Energieverteilung bei einem ungefärbten Stern, (Spektralklasse A0).

Abb. 2, rechts:

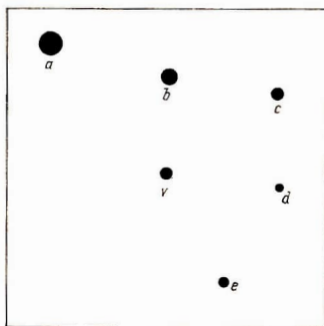
2a Helligkeitsverhältnisse der Vergleichssterne und des Mirasternes im B Bereich. Entspricht etwa der Wiedergabe von Schwärzungen auf einer ZU 1 Platte.

2b Helligkeitsverhältnisse, wie sie der Beobachter mit dem NP 27 Film erhält.



a)

NP 27



b)

den veränderlichen Stern. Unser Beobachter hat sich mit der Zeit die Fähigkeit auf 0.1 Größenklassen genau zu schätzen, erworben. Er vergißt jedoch, daß der NP 27 Film keine Blauhelligkeiten wiedergibt! Dieser Film wird als superpanchromatisch beschrieben. Das heißt, er ist bis in den roten Spektralbereich empfindlich. Der Stern c soll ein blauer Stern sein, er wird keine so starke Schwärzung hervorrufen, d ebenfalls. Der Mirastern hingegen wird eine stärkere Schwärzung auf dem NP 27 Film hervorrufen, als auf der Blauplatte. Für den Stern e gilt das gleiche. Beide sind rote Sterne. Die Schwärzungsscheibchen der Sterne auf dem NP 27-Negativ haben ungefähr ein Aussehen wie in Abbildung 2b. Wenn wir hier den Veränderlichen einschätzen, werden wir etwa 3.0 herausbekommen. Die richtigen Helligkeitswerte würden wir aber nur erhalten, wenn wir mit einer Blauplatte fotografieren würden. Auf solch einer würde der Beobachter den Mirastern zwischen d und e einschätzen und zum Beispiel 4.5 erhalten. (Siehe Abbildung 2a). Der Fehler würde in diesem extremen Falle 1.5 Größenklassen betragen. Da nutzt also eine antrainierte Schätzgenauigkeit von 0.1 gar nichts.

Genau genommen kann man Sterngrößen von fotografischen Aufnahmen nur dann unmittelbar vergleichen, wenn man sie mit der gleichen Emulsion beobachtet. Jede Film- oder Plattensorte hat ihr eigenes, separates Größenklassensystem. Oft übt auch das verwendete Objektiv einen wesentlichen Einfluß auf dieses Größenklassensystem aus.

Wie aber ist das Größenklassensystem des NP 27 Filmes beschaffen? Das ist die Kernfrage des Problems.

Schon aus dem Spektrogramm des NP 27 können wir ersehen, daß dieser Film in seiner maximalen spektralen Empfindlichkeit dem V-System näher kommt als dem B-System. Daraus folgern wir, daß es sinnvoll sein wird, einen Anschluß an das V-System zu machen. Für Kontrollzwecke und zur Fehlerabschätzung wollen wir auch noch einen Anschluß an das

B-System durchführen. Für das Größenklassensystem des NP 27 Filmes werden wir die Sterngröße mit dem Index NP 27 versehen. Der Unterschied zwischen Helligkeiten, die in zwei verschiedenen Farbsystemen gemessen werden, ist in erster Näherung eine Funktion der Farbe des Sternes. Aus dem bisher Gesagten wird es dem aufmerksamen Leser unmittelbar einleuchten.

Die Farbe wird durch den Farbindex eines Gestirnes zum Ausdruck gebracht. Zum ersten suchen wir einen Anschluß an das V-System derart, daß wir nach der Differenz $m_{NP27}-V$ suchen. Beim zweiten Mal machen wir einen Vergleich zum B-System. Wir suchen nach $B-m_{NP27}$. In beiden Fällen sind diese Differenzen proportional B-V. Daher können wir schreiben:

$$m_{NP27} - V \sim B - V \text{ beziehungsweise } B - m_{NP27} \sim B - V.$$

Wenn wir einen linearen Zusammenhang annehmen, kann man aus den Proportionalitäten Gleichungen machen. Wir finden

$$m_{NP27} - V = a_1 (B - V) + c_1 \text{ sowie } B - m_{NP27} = a_2 (B - V) + c_2.$$

Solcherart Gleichungen werden in der Astrophysik als Farbgleichungen bezeichnet. Wenn wir a_1 , a_2 , c_1 und c_2 finden, können wir die Gleichungen nach m_{NP27} auflösen und erhalten den gesuchten Anschluß. Aus beiden Gleichungen müssen sich die gleichen Relationen für m_{NP27} ergeben. Zumindest müssen die gleichen Größenordnungen in den Lösungen auftreten. Die Anstiege a_1 und a_2 sowie die Absolutglieder c_1 und c_2 werden durch Messungen bestimmt.

Wie bereits angeführt, haben ungefärbte Sterne, das sind Sterne der Spektralklasse A0, im visuellen Bereich die gleiche Helligkeit wie im blauen Bereich. Aus dem Spektrogramm des Filmes ersahen wir, daß der Film etwa im Visuellen sein Empfindlichkeitsmaximum hat. Wir begehen also keinen Fehler, wenn wir für ungefärbte und schwach gefärbte Sterne annehmen: $m_{NP27} = B = V$. Das bedeutet, daß für solche Sterne gilt: $m_{NP27} - V = 0^m0$ und natürlich auch $B - m_{NP27} = 0^m0$.

Für gefärbte Sterne kann dies natürlich nicht mehr behauptet werden. Weicht der NP 27 Film in Richtung „rot“ ab, dann werden Sterne mit hohem positiven Farbindex erheblich stärker geschwärzt erscheinen, also eine größere Helligkeit vortäuschen, als sie visuell und erst recht blau haben. Soweit die Voraussetzungen.

Für unsere Untersuchungen müssen wir uns ein Feld am Himmel auswählen, welches Sterne enthält, von denen B- und V-Helligkeiten bekannt sind. Ein solches Feld muß eine Anzahl Sterne enthalten, die ungefärbt beziehungsweise nur sehr schwach gefärbt sind, weiterhin eine Reihe stark gefärbter Sterne mit hohem Farbindex. Dazu boten sich drei schöne offene Sternhaufen an. Es sind NGC 6633, NGC 6709 und NGC 7209. Die B- und V-Helligkeiten der einzelnen Haufensterne finden wir für NGC 6633 im *Astrophysical Journal* 127 (1958) S. 539 und für die beiden anderen in einer Veröffentlichung des Washington Naval Observatory, Serie 2, Volume 17, part 7. Diese drei Haufen wurden an der Volkssternwarte Zittau mit einem 380-cm-Newton-Spiegel fotografiert. Bei 2 m Brennweite erhalten wir einen guten Abbildungsmaßstab. Die Grenzgröße der Sternaufnahmen geht bis 16^m5 . In allen Haufen stehen über 20 Sterne mit $B - V \leq [0^m3]$ und $B - V \geq +1^m0$ zur Verfügung. Mit dem Katzenaugenphotometer der Sternwarte Sonneberg wurden jetzt möglichst viele Sterne fotometriert. Nun wird eine Schwärzungskurve aufgetragen. Auf der Ordinate der Fotometerausgang, der hier eine Vergleichszahl ist und als Maß für die Schwärzung gilt. Auf der Abszisse werden einmal die B-Helligkeiten und einmal die V-Helligkeiten aufgetragen; wir entnehmen sie den oben angeführten Veröffentlichungen.

Zunächst tragen wir nur die ungefärbten und schwach gefärbten Sterne ein, diese ordnen sich erwartungsgemäß längs einer Kurve an. Auf dieser Kurve gilt laut Voraussetzung $m_{NP27} = B$ und auch $m_{NP27} = V$. Dann werden die gefärbten Sterne in das Diagramm eingetragen. Die Abweichungen von der Kurve, die aus den ungefärbten und schwach gefärbten Sternen gebildet wird, sind beim B-Bereich wesentlich größer als beim V-Bereich. Das bestätigt unsere Annahme, daß der NP 27-Film etwa visuell empfindlich ist. Aus den Diagrammen kann man jetzt die Differenz $m_{NP27}-V$ beziehungsweise $B-m_{NP27}$ ablesen. Weiterhin können wir erkennen, daß die Sterne mit dem größten Farbindex die größten Abweichungen zeigen. Siehe dazu die Abbildungen 3 und 4. Wir entnehmen den Diagrammen die Differenzen und tragen zwei neue Diagramme auf. Einmal wird $m_{NP27}-V$ gegen $B-V$ aufgezeichnet und zum zweiten $B-m_{NP27}$ gegen $B-V$. Die nun erhaltenen Punkte ordnen sich leider nicht besonders gut auf einer Geraden an. Dennoch gilt es, den Anstieg dieser Geraden, die durch diese Punkte gelegt werden kann, zu bestimmen.

Die Größe der Streuung wird in den Abbildungen 5 und 6 deutlich. Um ein willkürliches „Hineininterpretieren“ der Geraden auszuschließen, werden die Punktescharen nicht grafisch, sondern rechnerisch ausgeglichen. Für alle Meßwerte wird gleiche Genauigkeit vorausgesetzt, welche durch die lichtelektrische Messung hinreichend gewährt ist. Extreme Meßwerte wurden bei der Rechnung ausgeklammert. Da ein linearer Zusammenhang zwischen $m_{NP27}-V$ und $B-V$ sowie $B-m_{NP27}$ und $B-V$ angenommen wurde, führt man eine Ausgleiche der Meßwerte durch eine lineare Funktion durch. Der Vorteil des rechnerischen Verfahrens liegt insbesondere darin, daß eine Fehlerabschätzung für die Anstiege und Absolutglieder gemacht werden kann. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle die Methode aufzuzeichnen. Der interessierte Leser sei auf das Buch von H. Hänsel verwiesen (siehe Literaturverzeichnis).

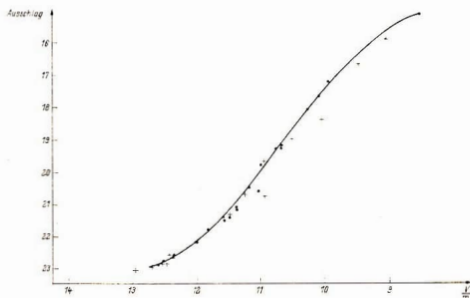


Abb. 3:
Diagramm für den Fotometerausgang gegen die visuelle Helligkeit.

Abb. 4:

Diagramm für den Foto-
meterausschlag gegen die
Blauhelligkeit.

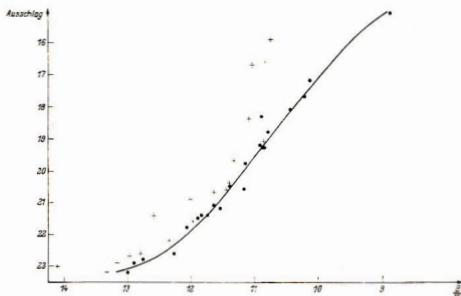


Abb. 5:

Diagramm für m_{NP27-V}
gegen B-V.

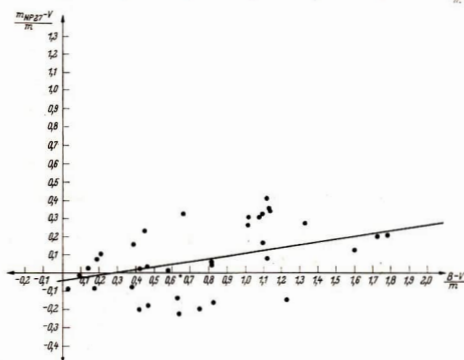
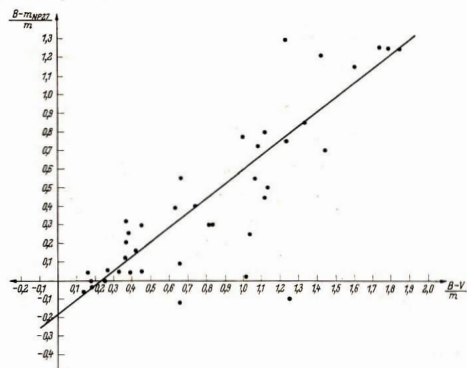


Abb. 6:

Diagramm für $B-m_{NP27}$
gegen B-V.



Nach sehr aufwendigen Rechnungen erhält man für den V-Anschluß: $m_{NP27} - V = (0,14 \pm 0,07) (B - V) - (0,04 \pm 0,06)$, gerundet $m_{NP27} - V = 0,1 (B - V)$. (1)

Für den B-Anschluß erhält man: $B - m_{NP27} = (0,77 \pm 0,08) (B - V) - (0,18 \pm 0,10)$, gerundet $B - m_{NP27} = 0,8 (B - V) - 0,2$. (2)

Stellt man (1) nach m_{NP27} um, so finden wir $m_{NP27} = 0,1 B + 0,9 V$. (3)

(2) nach m_{NP27} umgestellt ergibt $m_{NP27} = 0,2 B + 0,8 V + 0,2$. (4)

Wir sehen, daß diese beiden Ergebnisse, die einmal aus dem V-Anschluß und zum zweiten aus dem B-Anschluß gewonnen wurden, in ihrer Größenordnung gut übereinstimmen. Die Herkunft des relativ großen Absolutgliedes beim B-Anschluß konnte nicht geklärt werden. (3) und (4) können noch formal gemittelt werden und man erhält abschließend (5)

$$m_{NP27} = 0,15 B + 0,85 V + 0,1. \quad (5)$$

Was können wir aus diesem Ergebnis ableiten? Zum ersten: Ohne Kenntnis der B und V-Werte beziehungsweise des Farbindex können wir nicht auf m_{NP27} schließen. Doch können wir eine gute Fehlerabschätzung liefern. Bekanntlicherweise korreliert der Farbindex mit der Spektralklasse. Diesen Zusammenhang finden wir in Form eines Diagrammes im Brockhaus abe Astronomie, 3. Auflage (1971) auf Seite 100. Die Mehrzahl der Sterne sind Sterne der Klassen A bis M. In dieser Richtung ist der Farbindex wachsend. Wir wollen mit (5) einmal die Abweichung m_{NP27} gegenüber V berechnen. Dies für Sterne der Klassen AO (FI = 0°0), F3 (FI = 0°4), KO (FI = 0°8) und M3 (FI = 1°5). Für alle Sterne wollen wir hier beispielsweise eine Blauheitigkeit von $B = 2^m0$ annehmen. Die Ergebnisse können dann in tabellarischer Form dargestellt werden. (Alle Werte sind auf Zehntel gerundet!)

Spektralklasse	FI/m	B/m	V/m	m_{NP27}/m	$(m_{NP27} - V)/m$
AO	0.0	2.0	2.0	2.1	0.1
F3	0.4	2.0	1.6	1.8	0.2
KO	0.8	2.0	1.2	1.4	0.2
M3	1.5	2.0	0.5	0.8	0.3

Wir ersehen, daß erst bei Sternen später Klassen die Abweichung von der visuellen Größe merklich wird. Späte Spektralklassen werden etwas schwächer abgebildet, als sie visuell sind. In grober Näherung kann man für m_{NP27} gut V verwenden. In den meisten Fällen liegt die Abweichung noch innerhalb der Schätzgenauigkeit. Im Endergebnis kann man sagen, daß der ORWO NP 27 Film in mäßiger Näherung visuelle Größen liefert. Er kann somit mit visuellen Größen verglichen werden. Interessant wäre folgender Versuch: Man fotografiert ein Himmelsareal mit NP 27 und wiederholt die Aufnahme mit einer ZP 3 Platte in Verbindung mit einem Interferenzfilter für 540 nm. Als Resultat müßten die Schwärzungsscheiben beider Aufnahmen in ihrem Durchmesser in gleichen Proportionen zueinander stehen. Geringe Abweichungen bei Sternen später Spektralklassen sind zulässig. Dies wäre eine weitere experimentelle Bestätigung dafür, daß der NP-27-Film in etwa visuelle Helligkeiten wiedergibt.

Herrn Dr. Wenzel (Sternwarte Sonneberg) danke ich für seine Ratschläge und seine Unterstützung.

Literatur:

W. Wien, F. Harms, B. Strömgren, Handbuch der Experimentalphysik, Astrophysik, Leipzig 1937. — W. Hiltner, Astronomical Techniques, Chicago 1960. — Astronomisches Handbuch, Herausgegeben vom Bund der Sternfreunde, Stuttgart 1921. — C. Hoffmeister, Veränderliche Sterne, Leipzig 1970. — Veröffentlichungen des Washington Naval Observatory, Serie 2, Volumen 17, part 7. — H. Johnson, Astrophysical Journal 127, 539, (1958). — A. Weigert, H. Zimmermann, Brockhaus abe Astronomie, Leipzig 1971. — H. Hänsel, Grundzüge der Fehlerrechnung, Berlin 1967.

Kurzberichte

Auch Uranus hat einen Ring

Am 11. März 1977 bedeckte Uranus (Helligkeit 5^m7) den Stern SAO 158687 im Sternbild Libra (Helligkeit 8^m8). Das Ereignis war in Südafrika, Südostasien und Australien zu sehen und wurde dort von fünf Sternwarten verfolgt, außerdem beobachtete eine amerikanische Beobachtergruppe von einem in 12000 m Höhe fliegenden Flugzeug aus.

Übereinstimmend wurden vor und nach der Bedeckung des Sterns mehrere Verfinsterungen festgestellt, die gut zusammenpaßten. Es gibt dafür nur eine Erklärung. Um Uranus befindet sich ein System von Ringen, die bisher nicht gesehen wurden, weil sie flächenmäßig viel kleiner als beispielsweise der Saturnring sind und sich sehr nahe am Uranus befinden.

Es scheint, als ob Ringe um Planeten durchaus keine Ausnahmerscheinung sind. Neben dem allbekannten Saturnring hat ja auch die Erde eine Art Ring, das Zodiakallicht.

Dieser schwache Lichtschein in der Ebene der Ekliptik, der erheblich lichtschwächer als die Milchstraße ist, wird jetzt kaum mehr systematisch beobachtet. Nicht nur in den Großstädten, auch auf dem Lande macht die allerorten zunehmende Beleuchtung eine Beobachtung des Zodiakallichtes unmöglich. Vor etwa hundert Jahren gehörte das letztere dagegen zu den fast alltäglichen Objekten der Beobachter, und in den Lehrbüchern der Astronomie wurde dem Zodiakallicht meist ein ganzes Kapitel eingeräumt.

J. CLASSEN

FG Sagittae

Der von Prof. Dr. C. Hoffmeister 1943 in Sonneberg entdeckte Veränderliche besitzt bis heute unter den bekannten veränderlichen Sternen eine Sonderstellung. Seit Beginn der fotografischen Himmelsbeobachtung (1890) zeigte der Stern eine kontinuierliche Zunahme seiner Helligkeit.

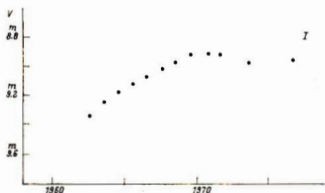


Abb. 1:
Änderung der V-Helligkeit zwischen 1962 und 1976.

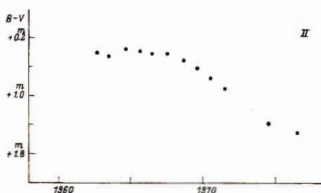


Abb. 2:
Verlauf des B-V Wertes zwischen 1962 und 1976.

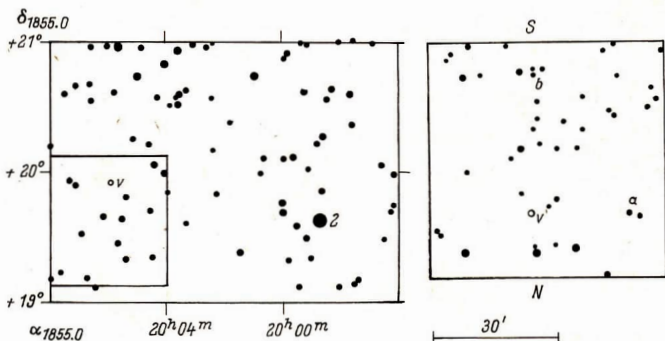


Abb. 3:

Stern	U	B	V	Spektraltyp
a	9 ^m 37	9 ^m 36	9 ^m 34	A
b	10 ^m 13	9 ^m 95	9 ^m 83	A

Die visuelle Helligkeit vergrößerte sich von 13m2 bis zur Gegenwart auf 8m9. Hoffmeister fiel unmittelbar nach der Entdeckung die weißliche Färbung des Sterns auf, die ihn prinzipiell von den Halbregelmäßigen und langsamen Veränderlichen unterschied, welche meist dem Spektraltypus M angehören.

Photoelektrische Beobachtungen erbrachten das Ergebnis, daß die V-Helligkeit von FG Sg seit etwa 1970 nicht mehr zunahm, sondern konstant blieb. Vom David Dunlap, Observatorium in Ontario/Canada, meldete man eine deutliche Änderung des Farbenindex. Während der Stern früher einen mittleren B-V Wert von +0m3 besaß, was einem Spektraltyp A entspricht, begann er sich ab Mitte der sechziger Jahre langsam rötlich zu färben und der B-V Wert (Abb. 2) vergrößerte sich entsprechend. Im Jahr 1974 betrug der mittlere B-V Wert +1m40, was einem Stern vom Spektraltyp M, also einem typischen roten Stern entspricht. Dies beachtet, kann der Abbruch der visuellen Helligkeitszunahme als Auswirkung der Verlagerung der spektralen Intensitätsverteilung gesehen werden; im

gleichen Zeitraum nahm die B-Helligkeit ab und der Veränderliche wurde im roten Bereich wesentlich heller.

FG Sg ist visuell jetzt etwa 9. Größe und so den meisten Amateuren für die Beobachtung zugänglich. Es werden nachfolgend Karten zur Auffindung gegeben, wie auch zwei Vergleichssterne mit bekannten UB-V Helligkeiten. Neben Schätzungen der Helligkeit sind Bestimmungen der Farbe, des Farbenindex, bzw. der B-V Werte von allgemeinem Interesse. Diese Angaben sind durch den Vergleich visueller und fotografischer Helligkeiten und auch durch die visuelle Beobachtung unter Verwendung entsprechender Filter zu erreichen. Beobachtungen sind bitte an den Arbeitskreis Veränderliche nach Hartha zu senden.

Literatur:

Hoffmeister, C., Veränderliche Sterne, Leipzig, 1970. — Wenzel, W., und Fürtig, W. Der ungewöhnliche Veränderliche 377. 1943 Sagittae, Die Sterne 43 (1967), 19–25. — IAU-Circular 2985.

DIETMAR BÖHME

Ergebnisse der Himmelsüberwachung durch Meteorkameras

Seit mehr als 10 Jahren besteht ein Netz von Beobachtungsstationen, die mit speziellen Meteorkameras ausgerüstet sind. In Verbindung mit einer Kleinbildkamera kann mit Hilfe von Konvexspiegeln der gesamte Nachthimmel abgebildet werden.¹⁾

Am 7. April 1959 konnte die Station am Ondřejov-Observatorium (ČSSR), die bereits seit 1951 zwei solcher Meteorkameras eingesetzt hat, den ersten Erfolg verbuchen. Die Aufnahmen zeigten ein sehr helles Meteor von -19^m . Aus den Bahnspuren der Feuerkugel konnte der Fallort bestimmt werden. Ihre Reste, etwa 8,3 kg Meteoritenmaterie, wurden in der Nähe von Příbram gefunden.

Dieser Erfolg führte zur Errichtung eines ganzen Netzes von Meteorkameras in verschiedenen Ländern. Allein in der Sowjetunion wird mit 40 Kameras ein dicht besiedeltes Gebiet von mehr als einer Million Quadratkilometer überwacht, in dem die Möglichkeiten groß sind, gefallene Meteoriten aufzufinden. Manche dieser Stationen werden durch Super-Schmidt-Systeme ergänzt und erreichen damit noch Meteore der vierten Größenklasse, also sehr schwach leuchtende Objekte.

In der ČSSR hat man spezielle Computerprogramme entwickelt, so daß von ČSSR-Wissenschaftlern die Auswertung zentral übernommen wurde. Sie zeigt, daß große Meteore gar nicht so selten sind. So erwies es sich, daß entgegen der statistischen Verteilung, die Anzahl der Körper mit der Masse von einer Tonne etwa 100mal und derjenigen von zehn Tonnen Masse etwa 1000mal größer ist. Die Astrologen sehen in dieser Tatsache einen Hinweis auf die Richtigkeit ihrer Vorstellungen über die Entstehung unseres Planetensystems.

Weiter überrascht, daß die Sternschnuppen und Feuerkugeln nicht immer von Eisen- oder Steinmeteoriten hervorgerufen werden. Etwa 50% der mit Schmidt-Kameras aufgezeichneten Meteore sind kometenartig und haben Dichten zwischen 0,2 und 1,0. Sie bestehen also aus Eis, gefrorenen Gasen und Staub. Auch das bisher hellste aufgezeichnete Meteor, das am 4. Dezember 1974 im westlichen Teil der ČSSR auch mehrfach visuell beobachtet wurde, war ein kleiner Komet von etwa 200 Tonnen Masse, der sich aus gefrorenen Gasen, Eis und Staub zusammensetzte. Das geht aus der ermittelten Dichte von 0,2 hervor. Nur drei Sekunden war das Objekt sichtbar. Seine Helligkeit betrug -22^m und war damit um mehr als das 2500fache heller als der Vollmond. Laut Berechnungen trat dieser Körper mit $26 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ in die Erdatmosphäre ein und verlosch in 55 km Höhe. Eine Suche nach Überresten unternahm man nicht, da nur massive Körper mit Geschwindigkeiten geringer als $12 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ Aussicht haben, die Erdoberfläche zu erreichen. Ein Stein- oder Eisenmeteorit mit der gleichen Masse hätte bei entsprechend niedriger Geschwindigkeit einen Krater von mehreren hundert Metern Durchmesser hervorgerufen.

Die meisten Feuerkugeln verstreuen nur ihre Asche als kosmischen Staub auf die Erde. Dadurch wächst die Masse der Erde täglich um 100 Tonnen. 90% davon stammen von kometenartigen Meteoriten geringer Dichte. Auch die Erforschung des Rätsels in der Steinigen Tunguska verdichtete sich immer mehr zu der Erkenntnis, daß das Tunguskameteor ein Kometenfragment war.

In Zukunft soll das Beobachtungsnetz auf Teile der DDR und Österreichs erweitert werden. Man hofft dadurch noch mehr Beobachtungsmaterial über Riesenmeteore zu erhalten, die doch nicht so selten sind, wie noch vor kurzem angenommen wurde.

FRIEDEMANN BERTH

Aus der Literatur

Bestimmung des Gewichts der Kosmonauten im All

Vorab muß eine grundlegende Unterscheidung zwischen den Begriffen Masse und Gewicht getroffen werden. Unter dem Gewicht ist jene Kraft zu verstehen, mit der ein Körper von der Erde infolge der Wirkung des (Erde)Gravitationsfeldes angezogen wird. Ändert sich die Stärke des Gravitationsfeldes, wie es auf der Erde entsprechend der geographischen Breite der Fall ist, so ändert sich auch die Gewichtskraft: Ein und dieselbe Person ist am Pol schwerer als am Äquator! Im Kosmos herrscht Schwerelosigkeit, und demzufolge ist die Ermittlung einer Gewichtskraft dort völlig unsinnig. Was letztlich – sowohl auf der Erde als im Kosmos – interessiert, ist die Masse eines Körpers, die als Produkt aus Dichte und Volumen von der Gravitation unabhängig und überall gleich ist.

Wissenschaftler, besonders Mediziner, waren mit zunehmender Flugdauer der Kosmosflüge daran interessiert, die Körpermasse der Kosmonauten auch während des Fluges in einem beliebigen Rhythmus ermitteln zu können, um eindeutiger Aussagen über den Gesundheitszustand zu erhalten. Ebenso stellte sich die Aufgabe, die Masse von Fäkalienproben vor der Sterilisation durch die Kosmonauten sowie die Menge der eingenommenen Speisen zu ermitteln. Deshalb wurden in der Vergangenheit verschiedene Verfahren zur Massebestimmung im Kosmos entwickelt, deren gemeinsames Kennzeichen ein relativ großer Geräteaufwand ist.

In der Praxis ist bisher ein Verfahren zur Anwendung gelangt, welches das Gesetz der Masseträgheit ausnutzt. Die entsprechende Apparatur besteht im wesentlichen aus einer Meßplatte („Waagschale“), die durch Federn oder einen Elektromagneten in Schwingungen genau festgelegter Frequenz versetzt wird.

Wird nun ein Körper auf der Meßplatte befestigt, verringert sich die Schwingungsfrequenz um so mehr, je größer seine Masse ist. Diese Abweichungen können von einem zum Gerät gehörenden Computer ausgewertet werden. Auf einem Anzeigebildschirm erscheint dann die Masse direkt in ihrer Maßeinheit kg. Die Genauigkeit derartiger „Waagen“ ist sehr hoch. So wies beispielsweise die Apparatur der amerikanischen Skylab-Raumstation nur eine Toleranz von 3 Gramm pro Körpergewicht auf.

Zur praktischen Anwendung im Weltraum sind bisher insgesamt vier derartige Apparaturen gelangt: drei in der amerikanischen Skylab-Raumstation (1973) und eine in der sowjetischen Orbitalstation „Salut-5“ (1976).

MARTIN BORK

BZ, 14./15. 5. 77

Quantenverstärker

Mit Radioteleskopen konnten in den letzten Jahren bis dahin unbekannte Objekte – Quasare und Pulsare – entdeckt werden, Entstehungsgebiete von Sternen und Planetensystemen.

Diese Erfolge verdankt die Radioastronomie zum großen Teil den neuentwickelten Quantenverstärkern, die äußerst empfindlich und sehr stabil in ihrer Funktionweise sind. Für ihre Entwicklung und Einführung in die Systeme der kosmischen Funkfernverbindung und die Radioastronomie ist eine große Gruppe von Wissenschaftlern mit dem Staatspreis der UdSSR für Wissenschaft und Technik ausgezeichnet worden.

Die sowjetischen Quantenverstärker stehen den besten ausländischen Anlagen dieser Art keineswegs nach, sondern übertreffen sie im Millimeter- und im Zentimeterwellenbereich.

Die industrielle Fertigung der Gamma-Quantenverstärker ist möglich geworden, nachdem Wissenschaftler und Fachleute einen Komplex von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ausführen. Heute sind die Antennen der Stationen für kosmische Funkfernverbindung und die größten Radioteleskope des Sowjetlandes mit Quantenverstärkern ausgerüstet.

Bekanntlich erreichten vor nicht allzulanger Zeit Funksignale der sowjetischen interplanetaren Sonden Venus 9 und Venus 10 über die kosmische Funkbrücke die Erde. Sie lieferten hochwertige Bilder von dem Planeten.

Mit den leistungsstarken Radioteleskopen konnten die Beobachtungen außerordentlich ferner und kompakter extragalaktischer Objekte in den Methoden vervollkommen werden. Es ist möglich geworden, Radioquellen des Alls mit zwei und mehr Antennen, die auf verschiedenen Kontinenten aufgestellt sind, gleichzeitig zu erforschen. Zum Beispiel haben kürzlich sowjetische und amerikanische Astronomen kompakte Radioquellen gleichzeitig untersucht. Für die Forschungen wurde das Präzisionsradioteleskop des Astrophysikalischen Observatoriums auf der Krim verwendet, das mit einem Quantenverstärker ausgestattet ist. Bei diesem Experiment gelang es den Wissenschaftlern, eine Winkelauflösung zu erzielen, bei der man im Prinzip von der Erde aus die Spur eines Raumfahrers auf dem Mond erkennen könnte.

„Trud“, 2. 3. 77 nach PdsU 18/77.

SPACE-SHUTTLE-Ausflug

Erstmals gelangte am 18. Februar der Prototyp des SPACE SHUTTLE auf dem Rücken einer Boeing 747 in eine Höhe von 7300 m, um danach mit dem Trägerflugzeug wieder zu landen. Dieses erste Flugexperiment hatte die Bezeichnung ALT-1C-1. Der Raumgleiter war unbemannt; er besaß keine Nutzlast, und auch der gesamte Triebwerksteil fehlte. Hierfür war eine aerodynamische Verkleidung gewählt worden. Bis Anfang März 1977 folgten weitere derartige Versuche. Anfang Mai soll eine Besatzung mitfliegen. Ab Juli ist vorgesehen, den SHUTTLE von dem Trägerflugzeug zu trennen und ihn durch die Besatzung selbstständig landen zu lassen. Fünf dieser Versuche sollen bis Mitte Oktober abgeschlossen werden. Eine Reihe weiterer Flugversuche in der Atmosphäre sind bis März 1978 vorgesehen.

Flieger-Revue 4/77

Ein britischer Nova-Entdecker

Der britische Amateurastronom Alcock aus dem Dorf Farcot entdeckte im vergangenen Jahr seine vierte Nova. Alcock ist seit 1924 als Amateurastronom tätig und hat neben den genannten Novae auch eine Reihe von Kometen entdeckt. Er nutzt jede klare Nacht zur Beobachtung des Sternhimmels und ist angesichts seiner fast vierzigjährigen Beobachtungstätigkeit einer der besten Kenner. So konnte er viele nichtvorhersehbare Himmelserscheinungen als erster erkennen, obwohl in vielen Ländern auf fotografischem Wege eine ständige Himmelsüberwachung erfolgt.

Flieger-Revue 3/77

Neutronenstern X-1 mit stärkstem Magnetfeld

Die Magnetfeldstärke des im Doppelsternsystems Herkules X-1 angenommenen Neutronensterns beträgt 4,6 Billionen ($4,6 \times 10^{12}$) Gauß. Zu diesem Ergebnis gelangten Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Extra-Terrestrische Physik in Garching bei München (BRD). Die Messung gelang mit Hilfe einer Ballonsonde.

Der Neutronenstern X-1 habe damit das stärkste bisher im Kosmos gemessene Magnetfeld. Das Feld der Sonne mißt etwa 100 Gauß, das der Erde einige Zehntel Gauß.

Neutronensterne gelten als sterbende Sterne, als Objekte, deren Kernbrennstoff verbraucht ist und die unter der Wirkung ihrer eigenen Schwerkraft in sich zusammenbrechen, bis Elementarteilchen-Kräfte diesen Zusammenbruch stoppen. Im Laufe dieses Prozesses konzentriert sich die Masse von der Größe unserer – im Durchmesser 1,4 Millionen Kilometer messenden – Sonne auf eine Kugel von etwa nur noch 20 km Durchmesser. Ein Kubikzentimeter „Neutronensterne“ hat die Masse von 100 Millionen Tonnen. Die Erde hätte – bei gleicher Dichte – nur noch einen Durchmesser von 300 m.

Der Neutronenstern X-1 kreist in 1,7 Tagen um einen normalen Stern. Er rotiert sehr rasch und sendet alle 1,24 s einen Röntgenblitz aus. Ähnlich wie unsere Sonne gibt der Zentralstern, um den der Neutronenstern kreist, Strahlung und Teilchen in den Raum ab, vergleichbar mit dem uns bekannten Sonnenwind. Ein Teil davon wird von dem Neutronenstern „angesaugt“ und gelangt im Bereich der Magnetpole innerhalb eines schmalen Korridors auf dessen Oberfläche. Der „Boden“ dieses Korridors habe einen Durchmesser von nicht mehr als einem Kilometer. Die Geschwindigkeit, mit der die Teilchen auftreffen, soll – nach Angaben der Wissenschaftler – annähernd 150 000 km/h betragen. Dabei entstünde eine Temperatur von etwa 100 Millionen (10^8) °C.

ND 21./22. 5. 77

Ein neues Planetensystem im „Fuhrmann“?

Der Stern Epsilon Aurigae, ein gelber „Supergigant“ im Sternbild „Fuhrmann“, wird alle 27 Jahre von einem dunklen Begleiter halb verdeckt. 192 Tage lang nimmt die auf der Erde beobachtete Leuchtkraft ab, bleibt dann 330 Tage auf rund die Hälfte reduziert und nimmt schließlich 192 Tage zu, bis die ursprüngliche Stärke wieder erreicht ist. Diese Beobachtungen der Astronomen haben jetzt zwei Londoner Mathematiker zum Anlaß genommen, ein genaues mathematisches Modell aufzustellen, bei dem sie zu dem Schluß kamen, daß der Begleiter des Sterns eine Scheibe von 1500 Kilometer Durchmesser ist. Wie die Zeitschrift „New Scientist“ weiter berichtet, soll die Gesamtmasse der Scheibe etwa 10 bis 22 Sonnenmassen entsprechen. Der Großteil dieser Masse sei nach Ansicht der Wissenschaftler offenbar in einem sich bildenden und noch nicht leuchtenden Stern im Zentrum konzentriert, aus den Randteilen der Scheibe könnte sich ein Planetensystem bilden, da der sichtbare Stern des Doppelsternsystems etwa 3,5 Milliarden Kilometer entfernt ist und seine Gravitation daher weniger Störeffekte hervorruft.

Nach Ansicht der beiden Londoner Mathematiker entspricht die Gesamtmasse des bereits sichtbaren Sterns etwa der von acht bis zehn Sonnenmassen. Es handelt sich wahrscheinlich um einen jungen Stern, der sich noch in der Kontraktionsphase befindet. Der Begleiter soll nach den Berechnungen der britischen Wissenschaftler „in einer nicht zu fernen Zukunft“ sichtbar werden.

BZ 9./10. 4. 77

Ehrung für DDR-Wissenschaftler

Auf der Jahreshauptversammlung der AdW der UdSSR am 2. 3. 77 wurde die höchste Auszeichnung der AdW der UdSSR auf dem Gebiet der Naturwissenschaften im Jahre 1976 — die Goldene Lomonossow-Medaille — an Akademienmitglied S. I. Wolkowitsch und das Mitglied der AdW der DDR Hermann Klare überreicht.

„Prawda“ 3. 3. 77 nach PdSU 13/77

Unsere Autoren:

Dipl.-Astron. Bertram Tenner, 69 Jena, Schillergäßchen 2

Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinstr. 90

Detlef Bedau, 7025 Leipzig, PSF 100 D

Dietmar Kitta, 88 Zittau, Willi-Gall-Str. 25

Johannes Classen, 8514 Pulsnitz, Sternwarte

Dietmar Böhme, 4851 Nessa Nr. 11

Friedemann Berth, 9706 Rodewisch, Sternwarte

EVP 1,50 M
PZV 31052

5¹⁹⁷⁷ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Vor 20 Jahren startete „Sputnik 1“ — Zwei Jahrzehnte optische Satellitenbeobachtung in der DDR · Edgar Otto	129
Solar — Terrestrische Physik — II. Die Sonne · Dr. D. Möhlmann	134
Sowjetische Raumfahrt 1957 bis 1977 · Horst Hoffmann	139
Vorläufige Sonnenflecken-Relativzahlen für Januar bis Mai 1977 · Prof. Dr. M. Waldmeier	142

Amateure beobachten und berichten

Zur Technik der Sonnenbeobachtung · Dr. Martin Leo	143
Messungen der direkten Sonnenstrahlung während der Sonnenfinsternis vom 29. April 1976	144
Dr. Dr. W. W. Spangenberg	144
Mondhalo beobachtet · A. Knöfel/A. Haussler	

Bildseiten

Abb. zu den Beiträgen S. 134, 145 und 150	I—IV
Venus — April 1977 · Karl-Heinz Mau	145
Berechnung der Albedo des Uranusmondes Oberon · Manfred Schrötter	145
Eine Vorrichtung zur Korrektur der Nachführung an Amateurfernrohren · Wolfgang Roloff	146
Bau eines Suchers · Manfred Koch	148
Versuche es selbst! · Heinz Albert	149

Junge Amateure

Jupiteropposition 1975 · Steffen Ziemer	150
---	-----

Kurzberichte

Frühjahrstagung des ZFA Astronomie · Dr. Klaus Lindner	153
Flare-Sterne der Sonnenumgebung · Dr. S. Marx	153
Kleiner Planet „Adonis“ wiedergefunden · Dr. S. Marx	154
Die Masse des Virgo-Haufens · Dr. S. Marx	154
Uranus mit Ringsystem? · Dr. S. Marx	155
5. Tagung des Arbeitskreises „Veränderliche Sterne“ · Dietmar Böhme	155

Aus der Literatur

Der Große Wagen als Himmelsuhr — (A. Zenkert) — Die Bahn des Neptunmondes Nereide	156
Sowjetische Tektite — Auch Algal ist eine Röntgenquelle — Ein astronomischer Wettbewerb (O. ?Burka) — Neben RATAN 600 ein weiteres Großteleskop (M. Schmögner)	157
Astronomische Sehenswürdigkeiten in Prag (A. Zenkert)	158

Buchbesprechungen

Sternzeiten	3. Umschlagseite
Die Bewegungen des Mondes	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 20. 7. 1977

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. — Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestraße 90; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 28297 44.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1977 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 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Vor 20 Jahren startete „Sputnik 1“

Zwei Jahrzehnte optische Satellitenbeobachtung in der DDR

EDGAR OTTO

In diesen Wochen begeht die gesamte fortschrittliche Menschheit den 60. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution. Überall werden die heroischen Taten der russischen Arbeiter, Bauern und Soldaten jener Tage gewürdigt, die mit gewaltigen Schlägen die Ausbeutergesellschaft beseitigten und ein neues Kapitel der Weltgeschichte zu schreiben begannen.

60 Jahre stürmische Entwicklung der UdSSR

Es ist aus heutiger Sicht kaum vorstellbar, in welcher historisch kurzen Zeit – durch opferreiche Kriege mehrfach unterbrochen – die Völker der Sowjetunion eine leistungsfähige Wirtschaft errichteten und auf vielen Gebieten von Wissenschaft und Technik führende Positionen in der Welt errangen.

So ist auch der erste Schritt der aktiven Raumfahrt eine logische Folge der neuen gesellschaftlichen Entwicklung und ein weiterer Beweis für ihren unaufhaltsamen, weltweiten Vormarsch. Das Lebenswerk von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski wurde zum Symbol für die veränderte Situation der Wissenschaft. Trotz hervorragender wissenschaftlicher Leistungen galt er zur Zarenzeit als Sonderling und Narr. Erst nach dem Sieg der Arbeiter und Bauern im Oktober 1917 erfüllten sich seine Hoffnungen, wurden seine Erkenntnisse zu praktisch nutzbaren Ergebnissen und wurde seine Überzeugung, daß viele der jüngeren Menschen einst „den ersten Weltraumflug noch miterleben werden“, zur Tat.

Einer seiner Schüler, Sergej Pawlowitsch Koroljew, war dazu berufen, an der Spitze eines riesigen Kollektivs von Wissenschaftlern, Technikern und Facharbeitern die entscheidende Leistung zu vollbringen und jene Raumflugkörper und Raketen zu schaffen, die erstmalig die Schwerkraft der Erde überwandern.

So fand der Donner der „Aurora“-Geschütze nach 40 Jahren sein lautes Echo in dem gewaltigen Dröhnen der Raketentriebwerke, die den ersten Sputnik auf seine Umlaufbahn brachten. Ähnlich wie das „Dekret über den Frieden“ 1917 die Völker aufhorchen ließ, so kündeten die Signale des ersten sowjetischen künstlichen Erdsatelliten vom großen Sieg der sowjetischen Menschen.

Wenn in der Welt nicht nur Bewunderung und Anerkennung als Reaktion auf diese neue Tat zu hören waren, sondern es nicht selten im westlichen Lager zu Verleumdungen bis hin zur Ignoranz kam, so waren das nur Zeichen dafür, daß es erforderlich sei, sich mit dem neuen Kräfteverhältnis abzufinden.

20 Jahre Raumfahrt zum Nutzen der Menschen

Die Sowjetunion nutzte ihren Vorsprung in der Raumfahrtentwicklung jedoch nicht zur militärischen Erpressung, wie es die USA z. B. mit ihrem anfänglichen Atombombenmonopol taten. Gerade die UdSSR war es, die bereits 1958 den Vereinten Nationen den Entwurf für einen Vertrag über die friedliche Nutzung des Weltraums vorlegte. Aber erst nach neun Jahren harter Auseinandersetzungen mit den imperialistischen Staaten kam es zum Vertragsabschluß. Und dieser Grundforderung, daß die Raumfahrtforschung dem Frieden und dem Nutzen der Menschen zu dienen habe, ist die UdSSR zu jeder Zeit gerecht geworden.

Die beiden Jahrzehnte der Raumfahrtentwicklung waren so vielfältig in ihrer technischen und wissenschaftlichen Gestaltung, daß eine Gesamtübersicht in diesem begrenzten Rahmen nicht darstellbar ist. Die stürmische Anfangsphase wuchs hinüber in eine Phase der zielstrebigsten wissenschaftlichen Forschung, die in den letzten Jahren ganz besonders auf die Erforschung der Erde zum Wohle der Menschen gerichtet ist.

Bei dieser außerordentlich wichtigen Aufgabe setzt sich immer mehr das Prinzip der internationalen Zusammenarbeit durch, wie es auch auf anderen Gebieten alltäglich geworden ist. Besonders eng gestaltete sich die Gemeinschaftsarbeit der sozialistischen Staaten, nachdem 1967 die entsprechenden Regierungsabkommen beschlossen waren. Das „Interkosmos“-Programm konzentriert sich auf

die Erforschung des erdnahen Raumes, die Nutzung der Raumfahrt zur Wetterbeobachtung und Wetterprognose, die Schaffung globaler Fernseh-, Rundfunk- und Nachrichtenverbindungen sowie die Erforschung der Lebensbedingungen des Menschen und anderer Organismen im Raum.

Durch das großzügige Entgegenkommen der Sowjetunion werden von ihr die Trägerraketen u. a.

wichtige Hilfsmittel zur Verfügung gestellt. Die übrigen sozialistischen Staaten leisten im Rahmen ihrer eigenen Programme und der gemeinsamen Aufgabenstellung entsprechende Beiträge, wie z. B. die DDR mit der hervorragenden Multispektralkamera MKF-6 und Hunderten weiterer Einzelgeräte.

Die Kooperation der sozialistischen Bruderstaaten findet ihren vorläufigen Höhepunkt in den ab 1978 geplanten gemeinsamen Flügen von Kosmonauten der UdSSR und anderer sozialistischer Staaten, darunter der DDR. Die hohe Qualität der „Interkosmos“-Ergebnisse kommt allen Teilnehmerstaaten zugute. Der Nutzen findet seinen Niederschlag in zahlreichen Fortschritten der Grundlagenforschung und in praktischen Lösungen der Volkswirtschaft.

20 Jahre Bahnvermessung künstlicher Erdsatelliten in der DDR

Der 20. Jahrestag des Startes von „Sputnik 1“ soll Anlaß für einen Rückblick über zwei Jahrzehnte optischer Satellitenbeobachtung sein, zumal diese Tätigkeit die Anfänge der Gemeinschaftsarbeit zwischen der Sowjetunion und anderen sozialistischen Staaten auf diesem Gebiete darstellt.

Die Bahnverfolgung der künstlichen Erdsatelliten erfordert objektiv ein möglichst weitgespanntes und gut organisiertes Stationsnetz. Dieses Netz trat unmittelbar nach dem 4. Oktober 1957 in Aktion und bewies mit zahlreichen Anfängerfolgen seine Wirksamkeit. Da die Arbeit in den Jahren 1957/58 vor allem dem Internationalen Geophysikalischen Jahr diente, war das dafür zuständige Nationalkomitee bei der Akademie der Wissenschaften der zuständige Koordinator für die Stationen der DDR. Später wurde diese Aufgabe von der COSPAR-Unterkommission „Optische Satellitenbeobachtung“ unter Leitung von Prof. Dr. Johannes Hoppe, Jena, übernommen.

Das zu Beginn des Jahres 1958 arbeitende Beobachtungsnetz der DDR bestand aus folgenden Stationen [1]:

- Nr. 121 Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium der Akademie der Wissenschaften und Potsdam, Geodätisches Institut der Akademie der Wissenschaften
- Nr. 122 Sonneberg, Sternwarte der Akademie der Wissenschaften
- Nr. 123 Kühlungsborn, Observatorium für Ionosphärenforschung des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik
- Nr. 124 Eilenburg, Urania-Sternwarte
- Nr. 125 Rodewisch (Vogtl.), Sternwarte der Pestalozzi-Schule
- Nr. 126 Jena, Sternwarte der Friedrich-Schiller-Universität
- Nr. 127 Babelsberg, Sternwarte der Akademie der Wissenschaften

Das System der Stationsnummern wurde später verändert und erweitert. Neue Stationen kamen im Laufe der Jahre hinzu, dagegen schieden einige wegen der Konzentration auf andere Aufgaben aus.

Grundlage der Vermessungstätigkeit der Stationen waren und sind die vom sowjetischen Rechenzentrum „Cosmos“ an alle Stationen versandten Ephemeridentelegramme auf der Grundlage der Horizontalkoordinaten.

Die Erstausrüstung der Stationen bestand aus Serien der sowjetischen AT-1-Teleskope, mit denen visuell Satellitendurchgänge durch das Fadenkreuz registriert wurden. Zur Zeitmessung dienten zunächst Stoppuhren in Verbindung mit Kurzwellenempfängern für das Zeitzeichen, später wurden Chronographen eingesetzt zur Steigerung der Meßgenauigkeit. Zusätzlich zu den visuellen Messungen wurden Astrokameras mit Zeitkontakten verwendet, bei denen eine größere Genauigkeit der Position erreicht wurde.

Auf dieser Grundlage stand in der DDR bereits während der Existenz der ersten Erdsatelliten ein arbeitsfähiges Stationsnetz zur Verfügung. Es hatte das Ziel, möglichst zahlreiche und gute Positionsmessungen zur Bahnbestimmung und zur Meldung der Resultate an das Zentrum Moskau zu gewinnen. Diese Aufgabe wurde bereits im Anfangsstadium erfolgreich gelöst, wie z. B. die Zahl von 3692 Einzelmessungen der DDR-Stationen allein im Jahre 1958 beweist.

Aus der Arbeit der Satellitenbeobachtungsstation Eilenburg

Am Beispiel der Tätigkeit der Satellitenbeobachtungsstation 1184 – Eilenburg – soll nachstehend ein Einblick in die Arbeit gegeben werden.

Auch in unserer Sternwarte erfolgte in den ersten Jahren die Vermessung mit Hilfe von 8 AT-1-Fernrohren, für deren Anwendung auch maximal 8 Beobachter erforderlich waren. In einer „optischen Kette“ entlang der vorausberechneten Bahnkurve konnte der einzelne Beobachter bis zu 3 Pointierungen an seinem Fernrohr durchführen, d. h. den Schnittpunkt des Satelliten mit dem Fadenkreuz zur Meßzeit und die Positionen von einigen hellen Nachbarsternen im Blickfeld des

Abb. 1:
Plattform zur Satellitenbeobachtung,
Urania-Sternwarte
Eilenburg

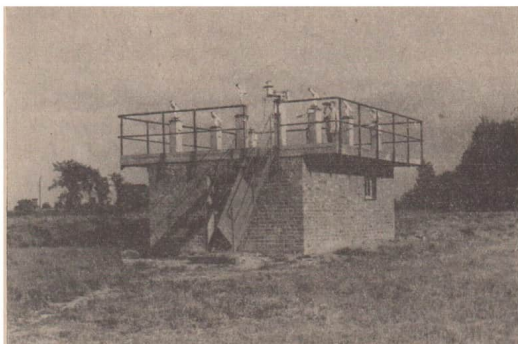


Abb. 2:
AT-2-Fernrohr und
Satellitenkamera

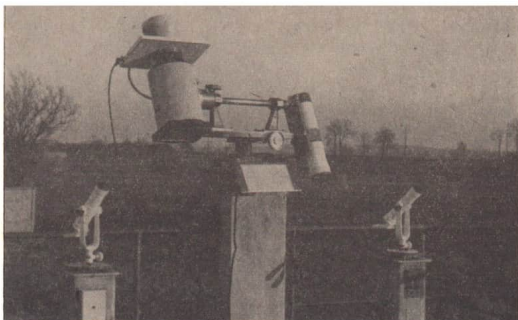
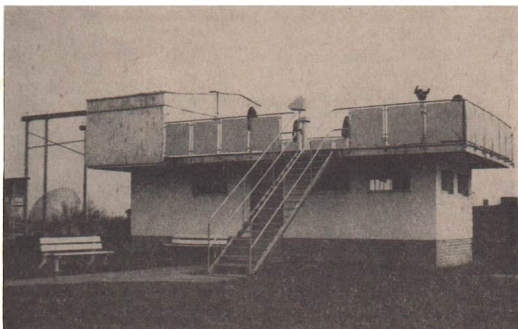


Abb. 3:
Beobachtungsplatt-
form der Sternwarte
„Juri Gagarin“
Eilenburg (ab 1964).



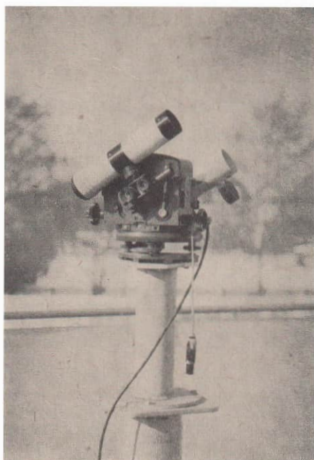
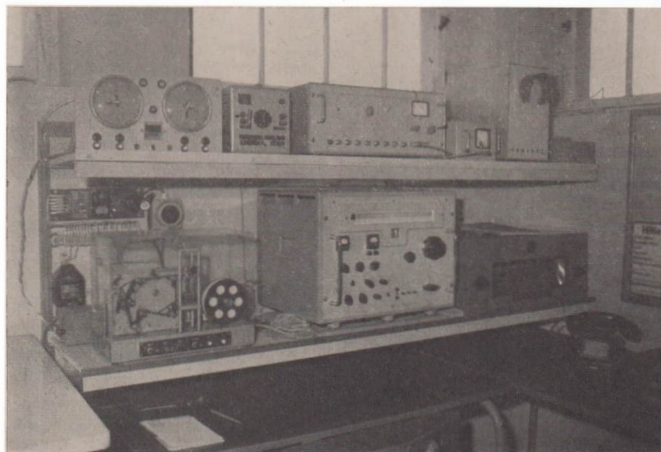


Abb. 4:
Ballontheodolit mit aufgesetztem AT-1-Sucher.



Abb. 5:
Tachar-Kamera zur fotografischen Vermessung
von Satelliten.

Abb. 6: Zeitanlage mit Quarzgenerator, Druckchronograf und Allwellenempfänger.



Fernrohrs auf einem Arbeitsblatt möglichst genau festhalten. Diese Zeichnung war die Grundlage für die Identifizierung und genaue Bestimmung des Satellitenortes in einem Sternatlas. Einzelne Positionen wurden fotografisch auf Platten registriert, zunächst grob, später genau ausgemessen und mit den übrigen Positionen telegrafisch dem sowjetischen Rechenzentrum zugeleitet. Dieser hohe Personal- und Zeitaufwand sowie das Bemühen, möglichst jeden beobachtbaren Durchgang der ersten Satelliten und ihrer Trägerraketen zu erfassen, führten zwangsläufig zu einer starken Belastung der eingesetzten Beobachter. Eine wesentliche Rationalisierung der Vermessungsarbeit wurde nach der Inbetriebnahme des neuen Sternwartenkomplexes auf dem Eilenburger Mansberg im Jahre 1964 erreicht, nachdem wir einen druckregistrierenden Theodoliten einsetzten, der früher für die Vermessung von Wetterballons verwendet worden war.

Auf diese Weise wurde es möglich, mit einem einzelnen Beobachter pro Nacht das zehnfache Ergebnis zu erreichen, wobei auch die Genauigkeit durch die direkte Messung der Satellitenposition nach Azimut und Höhe wesentlich größer wurde. Leider ist die viel präziser registrierte Position am Nonius nur auf 3 Bogenminuten genau ablesbar. Durch den zusätzlichen Einsatz eines quarzgesteuerten Druckchronographen konnte ein weiterer Gewinn an Arbeitszeit und Qualität erreicht werden.

In den Fällen, wo eine zusätzliche Steigerung der Meßgenauigkeit erforderlich ist, wird die fotografische Methode angewendet. Seit 1973 steht unserer Sternwarte dazu eine Tachar-Kamera mit einem vierliniigen Objektiv (170/240) zur Verfügung, um damit Serienaufnahmen auf Kleinbildfilm NP 27 herzustellen.

Die unter den genannten Voraussetzungen erzielten Ergebnisse widerspiegeln sich deutlich in der Beobachtungsstatistik. Während mit dem AT-1 bei uns jährlich etwa 150 Positionen erreicht wurden, sind es mit der heutigen Geräteausrüstung und dem umschichtigen Einsatz von 2 Beobachtern etwa 1300 Positionen pro Jahr.

Die Zahl der vom Oktober 1957 bis einschließlich Februar 1977 in Eilenburg vermessenen Satellitenpositionen beläuft sich auf insgesamt 10230. Dabei wurden 156 verschiedene Objekte (Satelliten, Trägerraketen und deren Teile, Raumsonden und bemannte Raumkörper) zum Teil über lange Zeiträume vermessen. Bis Ende Februar 1977 wurden über 2700 Positionen telegraphisch an das Rechenzentrum „Cosmos Moskau“ weitergeleitet; die übrigen wurden monatlich schriftlich übermittelt. Zwar ist die Zahl der bei uns einlaufenden Ephemeridentelegramme im Verhältnis dazu sehr hoch, aber die oft unbefriedigenden Witterungsbedingungen machten mehrfach für Wochen jede Beobachtung unmöglich.

Der Nutzen der vermessenen und übermittelten Meßresultate liegt nicht nur in ihrer Verwendung für neue und genauere Ephemeriden, obwohl das u. a. auch für den Einsatz von Spezialcameras in den verschiedenen Ländern eine sehr wesentliche Voraussetzung ist, sondern wird durch eine langfristige, spezielle Auswertung aller Messungen wesentlich gesteigert.

Durch Sonderprogramme der sozialistischen Staaten (früher unter dem Kennwort „Interobs“ [2], heute als Programm „Atmosphäre“) wird erreicht, daß die Umläufe von besonders ausgewählten Satelliten fast lückenlos registriert und ausgewertet werden. Aus den Schwankungen der Umlaufzeiten dieser Satelliten werden Rückschlüsse auf die verschiedenen Einflüsse, z. B. der Sonnenaktivität auf die Hochatmosphäre, möglich. Damit liefert jede Satellitenbeobachtung wertvolle Daten für die geophysikalische Forschung.

Seit vielen Jahren verfolgen wir in Veröffentlichungen und auf internationalen Symposien die ständige Verfeinerung der Atmosphärenmodelle mit Hilfe derartiger Bahnvermessungen. Dieses Problem widerspiegelt sich auch in unserer Arbeit mit Schülergruppen der Klassen 11 und 12, die in den vergangenen acht Jahren unter Einsatz der EDV Hunderte Satellitenumläufe auswählten, die drakonitischen Perioden berechneten und Korrelationen zur Sonnenaktivität untersuchten. [3].

Dieses Thema im Rahmen der wissenschaftlich-praktischen Arbeit der EOS ist nur eines der Bindeglieder zwischen unserer Arbeit als Satellitenbeobachtungsstation und der eigentlichen Aufgabe als Volks- und Schulsternwarte des Kreises Eilenburg.

Selbstverständlich erfahren die Mitglieder unserer außerschulischen Arbeitsgemeinschaften, die zahlreichen Jugendstudententeilnehmer wie alle Besucher der Sternwarte ständig das Aktuellste aus dem interessanten Geschehen in der Weltraumforschung. In unseren Vortragsprogrammen für Produktionskollektive und andere Besucher aus dem großen Einzugsbereich unserer Sternwarte nimmt besonders die 20jährige Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt eine Vorrangstellung ein. Bei einer Zahl von 100000 Besuchern, die wir seit 1964 bis jetzt erreichten, ist damit eine breite Basis für die politisch-weltanschauliche Erziehung gegeben, die wir als eine wesentliche Aufgabe unserer Sternwarte ansehen.

II. Die Sonne

DR. D. MÖHLMANN

In dem ersten Teil dieser Übersichtsarbeit (Heft 1/76) zu den Problemen der solar-terrestrischen Physik, der einer Beschreibung der Aufgaben und Ergebnisse der Magnetosphärenphysik galt, wurde bereits angedeutet, daß der Sonnenwind, und damit physikalische Prozesse, die sich in der Sonne und ihrer Atmosphäre abspielen, einen wesentlichen Einfluß auf den Zustand des erdnahen Weltraums und der Atmosphäre der Erde haben. Es erscheint heute als durchaus möglich, daß dieser Einfluß noch wesentlich weitgehender ist. Zum Verständnis dieser „solar-terrestrischen Beziehungen“, auf die in dem dritten und abschließenden Teil dieser Arbeit eingegangen wird, ist die möglichst gute Kenntnis der sich in der Sonne und in ihrer Atmosphäre abspielenden physikalischen Prozesse notwendig. Der vorliegende zweite Teil ist daher einigen Problemen und Ergebnissen der Sonnenphysik gewidmet.

1. Zustandsgrößen der Sonne

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne – genauer, das Mittel aus größter und kleinster Entfernung –, die sogenannte astronomische Einheit (AE), beträgt $1 \text{ AE} = 149,598 \cdot 10^9 \text{ m}$. Dem von der Erde aus meßbaren scheinbaren (mittleren) Durchmesser von $31'59''$ entspricht daher ein wahrer Sonnendurchmesser von $6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$. Der Energiefluß der solaren elektromagnetischen Strahlung beträgt in 1 AE Entfernung $S = 1,36 \text{ KW m}^{-2} = 1,95 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$. Diese Größe wird als Solarkonstante bezeichnet. Daraus resultiert, daß die ständig von der Sonne abgegebene Leistung $L = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$ und der Energiefluß aus der Sonnenoberfläche $\Phi = 6,28 \cdot 10^7 \text{ Wm}^{-2}$ beträgt. Dabei werden etwa 40 % der gesamten Sonnenstrahlung in den mit dem menschlichen Auge sichtbaren Spektralbereich abgegeben. Mit Hilfe des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes $\Phi = \sigma T^4$ folgt für die effektive Temperatur der Sonnenoberfläche $T = 5,77 \cdot 10^3 \text{ K}$.

Ein weiteres Charakteristikum der Sonne ist ihre Masse, sie beträgt $m \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Daraus ergibt sich für die Schwerebeschleunigung an der Sonnenoberfläche der Wert $g = 2,74 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-2}$.

Die Sonne rotiert mit der von der Erde aus beobachteten (synodischen) Periode von $T_{\text{syn}} = 27,275$. Sie ist wegen der gleichsinnigen Bahnbewegung der Erde etwas länger als die wirkliche (siderische) Periode $T_{\text{sid}} = 25,938$. Dabei ist die Rotationsachse der Sonne um den Winkel $7^\circ 25'$ gegen die Senkrechte zur Ekliptikebene geneigt. Genauere Beobachtungen haben gezeigt, daß die Sonne nicht wie ein starrer Körper rotiert, sondern – analog der Superrotation der oberen Erdatmosphäre – am Äquator schneller rotiert als in höheren Breiten. Theoretische Überlegungen weisen überdies darauf hin, daß auch das Innere der Sonne schneller rotiert als die sichtbaren Gebiete der Sonnenoberfläche.

Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung der Sonne reicht vom Röntgengebiet über das UV-Gebiet, das sichtbare Spektrum und das Infrarot bis hin zu den Radiowellen. Dabei entstammen 90 % der Energieabgabe dem Bereich zwischen dem nahen UV und fernen Infrarot. Die Strahlung aus diesem Spektralbereich kommt aus einer nur ungefähr 300 km dünnen Schicht, der sogenannten Photosphäre. Die relative Schmalheit der Photosphäre ist übrigens der Grund dafür, daß der Sonnenrand auch im Fernrohr scharf begrenzt und nicht diffus erscheint. Innerhalb der Photosphäre nehmen Temperatur und Dichte rapide zu. Dementsprechend überlagern sich für den irdischen Beobachter die Strahlungen aus verschiedenen Tiefen. Daher besteht das Sonnenspektrum aus einem Kontinuum mit (dunklen) Absorptionslinien. Die kontinuierliche Strahlung läßt sich durch eine Plancksche Strahlungskurve nur grob beschreiben, da sie aus verschiedenen Tiefen mit verschiedenen Temperaturen und also mit verschiedenen Strahlungskurven kommt.

Bemerkenswert ist weiterhin, daß die Sonne im UV- und Röntgengebiet eine Strahlungsverteilung hat, die auf eine Quelle hinweist, die wesentlich heißer ist als die Photosphäre. Aus Raketen- und Satellitenmessungen ist bekannt, daß die kurzwelligen Strahlen aus Gebieten über der Photosphäre stammen. Das bedeutet, daß diese Schichten der Sonnenatmosphäre heißer sind als die „Sonnenoberfläche“. Auf diesen Sachverhalt wird später ausführlicher eingegangen. Erwähnt werden soll in diesem Zusammenhang aber, daß auch aus Beobachtungen der Sonne im Radiowellenbereich gefolgert werden konnte, daß die höheren Schichten der Sonnenatmosphäre Temperaturen zwischen 10^5 K und 10^6 K haben. Da die Wellenlänge der Strahlung, welche die Sonnenatmosphäre verlassen kann, mit abnehmender Höhe über der Photosphäre ebenfalls abnimmt, ist übrigens die „Radio-sonne“ im Bereich der Meterwellen deutlich größer als die optische Sonne. Der Anteil der Radiowellenstrahlung der Sonne am Energietransport durch elektromagnetische Strahlung ist sehr klein.

2. Der Aufbau der Sonne

Überschlagsrechnungen zeigen bereits an, daß die Sonne ihren seit Millionen von Jahren nahezu unveränderten Energiefluß nur durch atomare Kernprozesse aufrecht erhalten haben kann. Nun kann Kernenergie sowohl durch Verschmelzung (Fusion) leichter zu schweren Kernen (bis hin zum Eisen) als auch durch Spaltung (Fission) schwerer in leichtere Kerne freigesetzt werden. Im Sonneninneren dominieren hierbei die Fusionsprozesse und zwar genauer gesagt, die Fusion von je vier Wasserstoffatomen zu einem Heliumatom. Der Massendifferenz von $4\text{H}^1 - \text{He}^4$ entspricht ein Energiegewinn von 10^{-12} Ws pro ursprünglichem Wasserstoffatom. Die gleichmäßige Umwandlung einer Sonnenmasse Wasserstoff (dem entsprechen 10^{57} H-Atome) würde daher 10^{45} Ws liefern. Mit dem angegebenen Wert von $L = 3,8 \cdot 10^{26}$ W würde die Energieabstrahlung also größenordnungsmäßig $3 \cdot 10^{18} \text{ s} \approx 10^{11}$ Jahre dauern. Es sei hier nur am Rande vermerkt, daß die nachfolgenden höheren Fusionsprozesse, bei denen höhere Kerne bis zum Eisen entstehen, wesentlich weniger effektiv in der Energiefreisetzung sind.

Als thermonukleare Reaktionen, bei denen Wasserstoff zu Helium fusioniert, kommen zwei Prozesse in Betracht: die Proton-Proton-Reaktion und der CNO-Zyklus (Bethe-Weizsäcker-Zyklus). Die für derartige Prozesse notwendigen Dichten und Temperaturen müssen im Sonnenzentrum vorhanden sein: $\rho \approx 10^5 \text{ kg m}^{-3}$ und $T \approx 10^7 \text{ K}$. Bei den genannten Kernreaktionen entstehen Neutrinos, die zu den Elementarteilchen gehören, die nur „schwache Wechselwirkungen“ haben – bekannt sind bisher nur vier elementare Wechselwirkungsarten: „starke Wechselwirkungen“ (z. B. zwischen Nukleonen), elektromagnetische Wechselwirkungen (z. B. zwischen Elektronen), Gravitation und „schwache Wechselwirkungen“. Wegen dieser schwachen Wechselwirkung können die Neutrinos, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen – ungestört das Sonneninnere verlassen. Sie könnten somit, wären sie auf der Erde in geeigneter Weise beobachtbar, ein ideales Hilfsmittel sein, um in das Innere der Sonne zu „sehen“. Die bisherigen Bemühungen auf diesem Gebiet haben jedoch noch zu keinem gesicherten Ergebnis geführt. Insbesondere ist noch ungeklärt, wieso die beobachteten Neutrinoflüsse nicht mit denen übereinstimmen, wie sie nach den heutigen Vorstellungen von den in der Sonne ablaufenden Kernprozessen zu erwarten sind. Besonders interessant sind in diesem Zusammenhang Vorstellungen über zeitliche Schwankungen der Intensität der Kernfusionsprozesse. Eine derartige Möglichkeit ist nicht von der Hand zu weisen, da ein „mittleres“ Photon etwa 10^7 Jahre benötigt, um nach vielen Emissions- und Absorptionsprozessen an die Sonnenoberfläche zu kommen, und folglich die Sonne jetzt die Energie abstrahlt, die sie vor etwa 10 Millionen Jahren erzeugte. Da aber andererseits die Neutrinos sofort (mit Lichtgeschwindigkeit) das Sonneninnere verlassen, geben sie Kunde von den heute dort ablaufenden Fusionsprozessen. Stimmen nun die jetzige elektromagnetische Energieabgabe der Sonne und der daraus berechenbare Neutrinofluß nicht überein, so sind entweder die Vorstellungen vom Aufbau des Sonneninneren zu modifizieren, oder aber es können die oben genannten Möglichkeiten zeitlicher Schwankungen in der Intensität der Energiefreisetzung in Betracht gezogen werden. Derartige Schwankungen könnten übrigens durchaus Einfluß auf den Zustand der Erde und ihrer Atmosphäre haben bzw. auch gehabt haben.

Der Transport der im Sonneninneren freigesetzten Energie nach außen kann prinzipiell durch drei verschiedene Mechanismen erfolgen: Wärmeleitung (spielt nur bei extrem hohen Dichten eine Rolle), Strahlungstransport und Konvektion. Dementsprechend ist die Sonne so aufgebaut, daß in ihrem Inneren der Energietransport vornehmlich durch Strahlung erfolgt (Strahlungszone). Nach außen hin schließt sich die Konvektionszone an, da das radiale Temperaturgefälle einen kritischen Wert erreicht und Konvektion (Strömung) erhitzter Materie von innen nach außen ein effektiver Energietransportmechanismus ist. Diese Konvektion läßt sich grob beschreiben als eine großräumig turbulente Störung mit auf- und absteigenden Strömungselementen verschiedenen Durchmessers und unterschiedlicher, aber relativ kurzer Lebensdauer. Beobachtungen der Photosphäre und Chromosphäre, die natürlich noch durch die unter ihnen wirkende Konvektion beeinflusst werden, lassen die Auswirkungen von zwei unterschiedlichen Arten von Konvektionszellen erkennen. Es ist dies einmal die Granulation der Photosphäre selbst (vgl. Abb. 1) und dann, als größere Struktur, die Supergranulation, die auch noch in chromosphärischen Höhen nachweisbar ist. Die mittlere Zellengröße der Granulation beträgt $1,8 \cdot 10^6 \text{ m}$. Die dunklen Gebiete zwischen den Granulen, in denen die abgekühlte Materie wieder absinkt, sind nur sehr dünn (300 km–400 km). Die mittlere Lebensdauer der Granulen liegt zwischen 8 Minuten und 10 Minuten. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit liegt zwischen $0,2 \text{ km s}^{-1}$ und 1 km s^{-1} .

Die Größe der Zellen der Supergranulation liegt bei $3 \cdot 10^7 \text{ m}$. Auch hier strömt die abgekühlte Materie von der Zellmitte zum Zellrand und sinkt dort ab. Meßbare Geschwindigkeiten liegen bei 500 m/s. Die Lebensdauer der Supergranulationszellen liegt bei 10^5 s . In der Photosphäre erfolgt dann der Energiefluß nach außen wieder im wesentlichen durch elektromagnetische Strahlung.

Über der Photosphäre beginnt mit einem Temperaturminimum ($T \approx 4,5 \cdot 10^3 \text{ K}$) die Chromosphäre.

Sie zeichnet sich physikalisch dadurch aus, daß sie der Ursprung von Emissionslinien ist. Die Chromosphäre hat eine Dicke von ungefähr $5 \cdot 10^6$ m. Mit dem bloßen Auge ist die Chromosphäre während einer totalen Sonnenfinsternis als rosafarbener Lichtsaum (daher auch der Name) sichtbar.

Die sich nach außen an die Chromosphäre anschließende Korona der Sonne ist ebenfalls bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar, und zwar als weißlich leuchtender „Strahlenkranz“. Der Übergang von Chromosphäre zu Korona wird durch einen starken Temperaturanstieg auf 10^5 K bis 10^6 K markiert. Die elektromagnetische Strahlung aus der Korona zeigt ein schwaches optisches Kontinuum und auch Emissionslinien. Die Radiostrahlung der Sonne im Dezimeter- und Meterwellenbereich entstammt ebenfalls der Korona. Auf Struktur und Eigenschaften von Chromosphäre und Korona wird weiter unten noch eingegangen.

3. Die Sonnenaktivität

Die auffallendste Erscheinung der Sonnenaktivität sind die Sonnenflecken. Erste Berichte über einzelne Sonnenflecke liegen bereits von den antiken Hochkulturen vor. Aber erst seit der Entdeckung des Fernrohrs, also ungefähr seit 1611 erfolgt eine systematische Beobachtung der Sonnenflecken. Da scheinbar bis zum Beginn des 18. Jahrhunderts nur relativ wenige Flecken beobachtet wurden, gelang es erst im Jahre 1843 (auf der Suche nach dem innerhalb der Merkurbahn vermuteten Planeten Vulkan) dem Dessauer H. S. Schwabe die 11jährige Periode des Häufigkeitsganges der Sonnenflecken zu entdecken. Hieran haben sich in den letzten Jahren Spekulationen angeschlossen, denen gemäß bis etwa 1700 der Sonnenfleckenzyklus aussetzte (oder aber seine Amplitude verglichen mit den in den letzten Jahrhunderten üblichen Werten sehr klein war).

Neuere statistische Untersuchungen (Cohen, Lintz, 1974) weisen darauf hin, daß es zwei Grundperioden der Sonnenaktivität gibt, deren Periodendauer bei 11,0 Jahren und 9,8 Jahren liegt. Schwabungen und nichtlineare Wechselwirkungen zwischen diesen „Oszillationen“ erzeugen dann die weiteren, in der statistischen Bearbeitung festgestellten Perioden. Interessanterweise ist von den genannten Autoren auf Grund dieser Vorstellungen vorausgesagt worden, daß der seit 1976 beginnende 21. Zyklus sein Maximum gegen Ende 1982 mit mittleren Fleckenrelativzahlen unter 50 haben wird. Das nächste Minimum ist dann für 1988 zu erwarten.

Sonnenflecken treten nur in einer zwischen $\pm 5^\circ$ und $\pm 35^\circ$ liegenden Zone auf. Dabei treten sie zu Beginn eines Zyklus in der Nähe von 35° auf. Die Orte des Auftauchens von Sonnenflecken verschieben sich dann im Verlauf des Zyklus mehr und mehr zum Äquator hin. Zumeist treten die Sonnenflecken paarweise auf. Die zu einem Paar gehörenden Flecken liegen dabei nahezu auf derselben heliographischen Breite. Dabei haben vorübergehender und nachfolgender Fleck stets unterschiedliche magnetische Polarität. Während eines Zyklus haben alle vorübergehenden Flecke einer Hemisphäre dieselbe Polarität. Diese Polarität wechselt von Zyklus zu Zyklus. Die Entstehung solarer (und stellarer) Magnetfelder kann heute im Rahmen von Modellvorstellungen mit sogenannten „Wechselfeld-Dynamos“ beschrieben werden (Krause, Rädler, 1971). Bemerkenswert sei nur, daß für das Funktionieren des solaren Dynamos sowohl eine makroskopische Turbulenz des solaren Plasmas als auch eine nach innen zunehmende Rotationsgeschwindigkeit der Sonne notwendig sind.

Erwähnt werden soll weiterhin, daß die Lebensdauer von Sonnenflecken von einigen Tagen bis zu vier Sonnenrotationen reicht. Daher haben 95 % aller Flecke eine Lebensdauer unter 11 Tagen. In diesem Zusammenhang ist interessant, daß oft im gleichen Gebiet der Sonnenoberfläche wiederholt Flecken auftreten und somit vermutet werden kann, daß unter der Oberfläche in diesen Gebieten starke Magnetfelder („Fleckenherde“) vorhanden sind, aus denen wiederholt Magnetfeldschläuche nach oben ausbrechen und als Flecken erscheinen.

Bemerkenswert ist auch, daß offenbar die Flecken schneller rotieren als das photosphärische Plasma (Howard, Harvey, 1970). Das deutet ebenfalls auf eine bereits postulierte schnellere Rotation der inneren Teile der Sonne hin.

Abschließend sei zu den Flecken noch bemerkt, daß ein voll entwickelter Fleck größenordnungsmäßig einen Durchmesser von 10^7 m hat und im Mittel magnetische Feldstärken zwischen $(1-2) \cdot 10^3$ Gauß aufweist. Mit diesem starken Magnetfeld verknüpft ist eine relative Abkühlung des Fleckes. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Inneren des Fleckes und der Photosphäre beträgt bis zu 2000 K.

Neben den Sonnenflecken sind die chromosphärischen Fackeln eine auffallende Erscheinung der Sonnenaktivität. Diese Fackeln sind in der Umgebung von Flecken auf monochromatischen Aufnahmen als Netzwerk heller Strukturen sichtbar (vgl. Abb. 2). Die chromosphärischen Fackeln sind die Ausdehnungen der photosphärischen Fackeln in der Chromosphäre. Die photosphärischen Fackeln sind überhitzte Gebiete der oberen Photosphäre. Sie lassen sich im weißen Licht in der Nähe des Sonnenrandes beobachten.

Ein weiteres Phänomen der aktiven Sonne sind die sogenannten chromosphärischen Eruptionen, die zumeist mit dem englischen Wort als Flares bezeichnet werden. Sie werden in der unmittelbaren Umgebung der Sonnenflecken oder auch zwischen den Flecken einer Gruppe beobachtet. Optisch machen sie sich durch plötzlich helles Aufblitzen eines Gebietes im Licht der H α -Linie (einer Linie im roten Teil des Spektrums) und auch anderer chromosphärischer Emissionslinien bemerkbar. Verstärkt wird auch die Emission im UV- und im Röntgengebiet. Insbesondere die verstärkte Röntgenstrahlung kann zu Störungen des Zustandes der Erdatmosphäre führen (verstärkte Ionisation und damit verbundene Unterbrechung der Ausbreitung von Radiowellen). Weiterhin sind mit den Flares Strahlungsausbrüche im Bereich der solaren Radiostrahlung, der direkte Auswurf von Plasmawolken in den interplanetaren Raum und auch ein Anstieg des relativ niederenergetischen Teils der kosmischen Strahlung verbunden. Auf die zugehörigen solar-terrestrischen Beziehungen wird im Teil III dieser Arbeit eingegangen. Erwähnt werden soll abschließend zu den Flares noch, daß bei einem großen Flare ungefähr 10^{25} Ws an Energie als elektromagnetische Strahlung, kosmische Strahlung und kinetische Energie des beschleunigten Plasmas frei werden. Diese Energie entstammt den Magnetfeldern des Flare-Gebietes. Zur Beschreibung dieser Umformung magnetischer Energie in die genannten Energieformen sind verschiedene Modelle entwickelt worden, deren Entwicklung heute noch nicht abgeschlossen ist. Zum Vergleich der Energiewerte sei daran erinnert, daß einer Megatonne TNT ein Wert von $4 \cdot 10^{15}$ Ws entspricht.

Ein anderes imposantes Phänomen der aktiven Sonne sind die sogenannten Protuberanzen, die in der Korona auftreten (vgl. Abb. 3). Die Temperatur in den Protuberanzen ist um ungefähr zwei Größenordnungen geringer als die der benachbarten Korona, ihre Dichte ist jedoch um zwei Größenordnungen größer. Aus diesem Grunde bezeichnet man die Protuberanzen auch als koronale Kondensationen. Bei Sonnenfinsternissen sind die Protuberanzen als leuchtend rote Erscheinungen am Sonnenrand zu sehen. Liegen sie aber zwischen dem Beobachter und der (hellen) Photosphäre, so erscheinen sie im monochromatischen Licht als dunkle Fäden (Filamente) (vgl. auch Abb. 2). Die Protuberanzen können sehr vielfältige Bewegungsformen aufweisen. Darauf soll hier nicht weiter eingegangen werden. Erwähnt sei nur, daß auch die Protuberanzen stark beschleunigt und in den interplanetaren Raum hinausgestoßen werden können. Offenbar spielen auch hierbei die Magnetfelder eine wichtige Rolle, da Form und Struktur der Protuberanzen durch die Magnetfelder der darunter vorhandenen Flecken bestimmt werden.

In der vorliegenden Überblicksarbeit wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß von der Sonne auch eine Radiostrahlung ausgeht. Dabei tritt eine mit der Sonnenfleckenrelativzahl korrelierte langsam variable Komponente mit Wellenlängen im Bereich zwischen $1,5 \cdot 10^{-2}$ m und 1 m auf, wobei die maximale Intensität zwischen 0,1 m und 0,2 m liegt. Die Amplitude schwankt dabei zwischen Minimum und Maximum um den Faktor 5. Als Quelle dieser langsam veränderlichen Radiostrahlung der Sonne werden die schon erwähnten magnetisch aktiven Gebiete vermutet.

Eine Erscheinung der solaren Aktivität sind im Radiowellenbereich die sogenannten noise-storms (Rauschstürme). Ihre Amplitude kann bis auf den Faktor 100 gegenüber der normalen Strahlung ansteigen. Die zugehörigen Wellenlängen sind größer als 1 m. Die Strahlungsquellen sind koronale Gebiete über Fleckengruppen. Die Theorie zur Beschreibung der Entstehung dieser Art der solaren Radiostrahlung ist noch nicht abgeschlossen und zur Zeit Gegenstand gemeinsamer Untersuchungen von Sonnen- und Plasmaphysikern.

Die dritte Komponente der solaren Radiostrahlung sind die sogenannten Strahlungsausbrüche (englisch: bursts). Dabei treten Verstärkungen der Strahlungen bis auf das 10^4 -fache auf. Die Strahlungsausbrüche sind eng mit den schon erwähnten Flares korreliert. Die Struktur dieser Strahlungsausbrüche ist kompliziert und ihre Theorie ist auch keineswegs abgeschlossen. Bemerkenswert ist jedoch, daß die Quellgebiete der Flares, das kann man aus dem Zeitverhalten ihrer Frequenz schließen, sich mit Geschwindigkeiten bis zu 1000 km/s von innen nach außen durch die Korona bewegen können.

Zum Abschluß der Übersicht über einige Phänomene der aktiven Sonne sei noch darauf hingewiesen, daß der ganze Komplex der diskutierten Aktivitätsphänomene nicht verstreut, sondern jeweils in einem lokal begrenzten Gebiet, einer sogenannten aktiven Region, vor sich geht. In dieser aktiven Region spielen sich auf der Sonne alle jene Prozesse ab, die letztlich durch die Umwandlung magnetischer Energie in andere Energieformen entstehen. Dabei ist offenbar unter der aktiven Region eine langlebige magnetische Struktur vorhanden, die zu dem Durchbruch immer neuer Magnetfeldschläuche, und damit wiederholt zum Auftauchen von Magnetfeldern und Flecken Anlaß gibt. Durch die Breitenabhängigkeit der Sonnenrotation wird dieses Gebiet immer mehr verzerrt und schließlich durch die Konvektion wieder aufgelöst. Die Lebensdauer einer aktiven Region kann jedoch bis zu 10 Monaten betragen.

4. Die Sonnenatmosphäre

Die unterste Schicht der Sonnenatmosphäre ist die Photosphäre, jene nur ungefähr 300 km dicke Schicht aus der nahezu 90 % der Sonnenenergie abgestrahlt werden. Wegen dieser relativ geringen Dicke, – ihr entspricht ein scheinbarer Winkel von $0.4''$ – erscheint der Sonnenrand als scharf begrenzt. Die mittlere Massendichte der Photosphäre beträgt ungefähr $3,7 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^{-3}$ am unteren Rande und $5,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^{-3}$ an der oberen Grenze. Zum Vergleich sei die mittlere Massendichte der atmosphärischen Luft unter Normalbedingungen angegeben: $\rho_c \approx 1 \text{ kg m}^{-3}$. Die zugehörigen Temperaturen sind im unteren Teil 7180 K und oben 4610 K.

Über der Photosphäre liegt, wie schon erwähnt, die Chromosphäre, in deren unterem Teil die Temperatur ein Minimum erreicht und in deren oberer Hälfte die Temperatur ständig zunimmt. Die Temperaturzunahme durch Wärmeleitung von unten oder über die Aufheizung durch elektromagnetische Strahlung kann aber prinzipiell nicht zu höheren Temperaturen führen als sie in der Photosphäre vorhanden sind. Offenbar muß hier also ein bisher nicht erwähnter physikalischer Prozeß wirksam werden.

Man ist heute der Ansicht, daß die Aufheizung der oberen Chromosphäre und Korona durch Schallwellen erfolgt. Diese Schallwellen entstehen in der „brodelnden“ Konvektionszone und breiten sich durch die Photosphäre nach oben aus. Da in der Chromosphäre die Dichte rapide abnimmt, die kinetische Energie ($\frac{1}{2} \rho v^2$) der Schallwelle aber bei der Wellenausbreitung praktisch erhalten bleibt, nimmt folglich die (Gruppen-)Geschwindigkeit der Schallwellen zu. Die Geschwindigkeit dieser Wellen kann nun aber nicht beliebig ansteigen, da dann (mit der Geschwindigkeit) nichtlineare Prozesse einsetzen, die letztlich zur Ausbildung von Stoßwellen (Stoßfronten) führen. In diesen Stoßfronten können nichtlineare Umwandlungsprozesse von mechanischer (Wellen-) Energie in thermische Energie stattfinden. Auf diesem Wege ist damit eine Aufheizung der Chromosphäre möglich.

Das so aufgeheizte Chromosphärenplasma kann den überwiegenden Teil der aufgenommenen Wärmeenergie durch Emissionen elektromagnetischer Strahlung wieder abgeben. In der oberen Chromosphäre und der Übergangsschicht zur Korona ist die Dichte jedoch bereits so weit gesunken, daß die zugeführte Energie nicht mehr effektiv als elektromagnetische Strahlung wieder abgegeben werden kann. Daher muß hier die Temperatur stark ansteigen. Dieser Temperaturanstieg führt nun zu einer Expansion als Ganzes und damit auch zu einer weiteren Dichteabnahme.

Die unteren Schichten der Korona der Sonne haben daher eine sehr hohe Temperatur und damit verbunden auch einen entsprechenden Gasdruck. Außerdem muß aus diesem Gebiet im Gleichgewichtsfalle die Wärme durch Wärmeleitung oder aber durch Strömung ständig abgeführt werden. Es hat sich nun gezeigt, daß bei diesem Abtransport der thermischen Energie die Wärmeleitung nicht die Hauptrolle spielt, sondern daß eine ständige Expansion des koronalen Plasmas stattfindet. Als Folge der nach außen abnehmenden Anziehungskraft der Sonne und der enormen thermischen Aufheizung der Korona wird die Expansionsströmung des koronalen Plasmas sehr schnell zu einer Überschallströmung.

Dieser ständige Abfluß von Materie aus der Sonnenatmosphäre – der sogenannte Sonnenwind – ist inzwischen durch direkte Beobachtungen von Raumsonden aus untersucht worden. Dabei wurden die folgenden physikalischen Eigenschaften des Sonnenwindes in 1 AE Entfernung von der Sonne festgestellt.

Der ungestörte Sonnenwind strömt mit einer mittleren Geschwindigkeit von 320 km/s an der Erde vorbei. Dabei führt er ein Magnetfeld mit sich, das eine Induktion von $5 \cdot 10^{-9} \text{ Vs m}^{-2}$ ($\approx 5 \cdot 10^{-5}$ Gauß) hat. Auf die Schwankungen der Richtung dieses Magnetfeldes, die wesentliche terrestrische Konsequenzen haben, wird im III. Teil dieser Arbeit eingegangen. Die mittlere Teilchendichte des Sonnenwindes beträgt $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$. Die Temperatur der Protonen im Sonnenwind liegt bei $4 \cdot 10^4 \text{ K}$, die zugehörige Elektronentemperatur bei 10^5 K . Diese Parameter können sich durchaus bis um einen Faktor von 5 während starker Störungen, z. B. durch aus Flares stammende Plasmawolken, ändern.

Auf einen wichtigen, für die Wechselwirkung mit der Magnetosphäre wesentlichen Parameter, nämlich auf die Orientierung des Magnetfeldes des Sonnenwindes, wurde bereits kurz hingewiesen. Ein sehr bemerkenswertes Ergebnis der direkten Untersuchungen des Sonnenwindes ist, daß sich der Sonnenwind in zumeist vier Sektoren aufteilt, in denen das Magnetfeld des Sonnenwindes entweder von der Sonne weg oder auf sie zu gerichtet ist. Passiert die Erde auf ihrer Bahn eine derartige Sektorengrenze, so spiegelt sich das im Verhalten polarer elektrischer Ströme und Magnetfelder wieder. Auf diesem Wege ist es gelungen, aus magnetographischen Messungen in polaren Breiten die Existenz der Sektorenstruktur des Sonnenwindes bis in die 20er Jahre dieses Jahrhunderts zu

rück zu verfolgen (Svalgaard, Wilcox, 1975). Die physikalische Ursache für die Erzeugung dieses relativ schwachen, aber beständigen großräumigen solaren Magnetfeldes, das durch den Sonnenwind in den interplanetaren Raum hinausgetragen wird, ist zur Zeit noch nicht bekannt.

Literatur:

- Cohen, T. J., Lintz, P. R., in: *Nature*, 250, 1974, No. 5465, p. 398.
Krause, F., Rädler, K.-H., in: *Ergebnisse der Plasmaphysik und Gaselektronik II*, Akademieverlag, 1971, Berlin.
Howard, R., Harvey, J.: *Solar Physics*, 1970, 12, p. 23.
Svalgaard, L., Wilcox, J. M., in: *Solar Physics*, 1975, 41, p. 461.

Sowjetische Raumfahrt 1957 bis 1977

HORST HOFFMANN

Das Jahr 1977 ist für die Geschichte der sowjetischen Raketentechnik und Raumfahrtforschung in mehrfacher Hinsicht ein Gedenkjahr: Für die Pioniere der Kosmonautik, Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (5. September 1857–19. September 1935), Friedrich Arturowitsch Zander (11. August 1887–28. März 1933) und Sergej Pawlowitsch Koroljow (12. Januar 1907 bis 14. Januar 1966) jährt sich zum 120., 90. bzw. 70. Male der Geburtstag; im 60. Jahr des Roten Oktober, der zugleich Bilanz über 60 Jahre Rote Raketen zieht, erinnert sich die Welt daran, daß vor 50 Jahren, 1927, in Moskau die erste internationale Ausstellung über Raumfahrt ihre Pforten öffnete und daß vor 30 Jahren, 1947, in der Sowjetunion die ersten Höhenforschungsraketen aufstiegen. Im 20. Jahr des sowjetischen Sputniks (4. Oktober 1967), der das Zeitalter der Raumfahrt einleitete, gedenkt die internationale Wissenschaft auch der Pionierleistungen, die die UdSSR vor 15 Jahren mit dem ersten bemannten Gruppenflug von Andrija Nikolajew und Pawel Popowitsch an Bord von Wostok 3 und Wostok 4 (11.–15. August 1962) und mit der ersten Sonde Mars 1 zu unserem roten Nachbarplaneten (1. November 1962) vollbrachte. Vor 10 Jahren stieg das erste Raumschiff der dritten Generation Sojus 1 mit Wladimir Komarow auf (23. April 1967) und zwei unbemannte Raumflugkörper Kosmos 186 und Kosmos 188 vollführten die erste vollautomatische Kopplung in der Unlauffbahn, umkreisten gemeinsam die Erde, trennten sich wieder und landeten auf sowjetischem Territorium (27.–31. Oktober 1967); schließlich startete vor 5 Jahren der erste Sonnenforschungssatellit des Typs Prognos (14. April 1972).

Der Beginn der Raumfahrtära

Vor 10 Jahren beschlossen 1000 Delegierte von 36 Ländern, die 60000 Raketentechniker und Raumfahrtwissenschaftler vertraten, auf ihrem XVIII. Internationalen Astronautischen Kongreß in Belgrad, den 4. Oktober 1957, an dem die Sowjetunion den ersten künstlichen Erdsatelliten Sputnik 1 startete, für immer zum Tag des Beginns des Zeitalters der Raumfahrt zu erheben.

Insgesamt gelangten in den vergangenen 20 Jahren (Stand: 31. August 1977) fast 2200 Raumflugkörper in den Weltraum – 1175 der UdSSR (54%), 910 der USA (42%) und 100 von 12 anderen Staaten bzw. 3 internationalen Organisationen (4%).

Die Sowjetunion kann Bilanz über 1091 Erdsatelliten (92,8%), 49 Raumsonden (4,2%), 30 bemannte Raumschiffe (2,6%) und 5 Orbitalstationen (0,4%) ziehen. Die Reife der sowjetischen Serienproduktion und des angewandten Baukastensystems in der Raumfahrtindustrie wird

daran deutlich, daß mit nur 5 Raketer-Grundtypen und 20 Raumflugkörper-Familien das gesamte Programm seit Sputnik 1 bestritten wurde. Dem stehen weit über 20 verschiedene Trägerraketensysteme und annähernd 100 unterschiedliche Satelliten und Sonden in der kapitalistischen Welt gegenüber. Während die Zahl der Startaktivitäten in der UdSSR von 2 im Jahre 1957 auf 121 im vergangenen Jahr stieg, sank sie in den USA von 97 im Jahre 1966 auf 24 im Jahre 1976.

Die Hauptrichtungen der sowjetischen Raumfahrtforschung und ihr Verhältnis zueinander werden schon an folgenden Zahlen deutlich: die unbemannten Satelliten zur Erforschung des erdnahen Raumes, zur Erschließung der Naturreichtümer unseres Planeten und zur Erleichterung des Lebens der Menschen nehmen 93% der Aktivitäten ein. Etwa 4% entfallen auf die Erkundung unseres Sonnensystems und rund 3% auf bemannte Raumfahrtunternehmen.

Infolge ihres wissenschaftlichen Vorlaufes und der frühzeitigen Orientierung auf die friedliche Erforschung und Nutzung des Weltraumes gelang es der Sowjetunion von den fast 50 Pionierleistungen, die in den 20 Jahren der aktiven Raumfahrt erbracht wurden, über 30 für sich zu verbuchen. Darunter vor allem solche Schritte, mit denen eine neue Qualität erreicht wurde, wie z. B. der erste Erdsatellit Sputnik 1, der erste Mensch im All Juri Gagarin, die erste Mond-, Mars- und Venus-Landung mit Luna 9, Mars 3 und Venus 7 sowie die erste bemannte Orbitalstation Salut 1.

Sowjetmacht + Raketentechnik = Kosmonautik

Weltbekannt ist Lenins Formel Kommunismus = Sowjetmacht + Elektrifizierung, die vor mehr als einem halben Jahrhundert selbst von wohlwollenden bürgerlichen Zeitgenossen als „Elektrofikation“ des „Träumers im Kreml“ betrachtet wurde. Doch die Geschichte, „diese Alte, die klüger ist als wir alle“, wie Einstein sie einmal nannte, gab Lenin recht. Seit Aufstellung des GOELRO-Planes im Jahre 1920 stieg die Energieerzeugung der sowjetischen Kraftwerke um weit mehr als das 1000fache.

Weniger bekannt ist jedoch, daß Lenin, der als erster Politiker der Welt die Bedeutung der Raumfahrtforschung erkannte, 1920 den ersten staatlichen Auftrag zur Entwicklung moderner Raketen erteilte. Das geschah auf der Gouvemements-Erfinderkonferenz in Moskau, auf der der lettische Pionier des Raketenflugzeuges Friedrich Arturowitsch Zander seine Pläne für Flüssigkeitstriebe vorlegte. Mit dem weit in die Zukunft weisenden Entschluß, der sich auf die Formel Sowjetmacht + Raketentechnik = Kosmonautik zum Wohle der Menschheit bringen läßt,

hatte Lenin die Grundlage für die Raumfahrtforschung in der UdSSR gelegt. In dem wirtschaftlich und technisch hochentwickelten Deutschland wurde der erste Staatsauftrag zur Entwicklung von Raketen, die überdies ausschließlich militärischen Zwecken dienten, erst Anfang der 30er Jahre erteilt. In den USA und anderen kapitalistischen Ländern geschah dies sogar erst Ende der 30er Jahre, Anfang der 40er Jahre.

Das erklärte Hauptziel der sowjetischen Raketechnik und Raumfahrt war von Anfang an die Erforschung unseres kosmischen Lebensraumes, die Verbesserung des menschlichen Lebens und die Verteidigung der sozialistischen Erzeugnisse. Ein Jahr vor dem Machtantritt der Faschisten in Deutschland erklärte Sergej Pawlowitsch Korolow, der später die Raketen und Raumschiffe von Sputnik bis Sojus schuf: „Wir sind überzeugt, daß das Raketenflugwesen sich breit entfalten wird und seinen gebührenden Platz im System der sozialistischen Technik einnehmen wird. In kapitalistischen Ländern hat das Bestreben, das Flugwesen als Waffe für kommende Kriege zu vervollkommen, zu verstärkten Arbeiten an der Steigerung der Flughöhe und Fluggeschwindigkeit geführt. Deshalb erhöhte sich das Interesse für das Problem des Raketenrückwerkes ...“ Und dann formulierte der große Gelehrte in dem 1934 im Militärverlag „Woenizdat“ erschienenen Buch „Der Raketenflug in die Stratosphäre“ sein Credo: „Die Rakete ist Wissenschaft und Verteidigung“.

Die Förderung des Gedankens der friedlichen Raumfahrt wird am Schicksal des Begründers der Theorie vom Raketenflug Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski deutlich. Unter dem Zarenadler schrieb er in 40 Jahren 130 Arbeiten, von denen er 50 unter größten Entbehrungen veröffentlichte. In den 18 Jahren, die er unter der Roten Fahne der Revolution lebte, verfaßte er 450 Beiträge, die alle im Staatsverlag herausgegeben wurden. 1919 wurde der geniale Forscher, den die zaristische Bürokratie verhöhnt und verfolgt hatte, zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften Sowjetrußlands gewählt. Unter Vorsitz von Lenin beschloß der Rat der Volkskommissare am 9. November 1921, an Ziolkowski „angesichts der besonderen Verdienste des Gelehrten, Erfinders und Forschers auf dem Gebiet des Flugwesens eine lebenslängliche Pension zu zahlen“.

Entsprechend ihrer humanistischen Zielstellung wurde die Kosmonautik in der UdSSR in die Gesamtplanung der sozialistischen Volkswirtschaft einbezogen, deren oberstes Gesetz das Streben nach maximaler Befriedigung der ständig wachsenden Bedürfnisse der Gesellschaft und des einzelnen ist. Die Geschichte der sowjetischen Raumfahrtforschung verlief daher auch synchron mit den Fünfjahrplänen zur Entwicklung der Volkswirtschaft, deren fester Bestandteil sie war und ist.

Raumfahrt und Fünfjahrpläne

Bereits im Rahmen des ersten Fünfjahrplanes (1928–1933), der aus dem zurückgebliebenen Agrarland einen modernen Industriestaat machte, standen Geldmittel für die Raumfahrtforschung zur Verfügung. Auf dieser Grundlage entstanden 1929 das erste experimentelle Konstruktionsbüro für Raketen, im Gasmodynamischen Laboratorium GDL; 1931 die Gruppen zum Studium der Rückstoßbewegung GIRD; und startete am 17. August 1933 die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete.

Am Beginn der Periode des zweiten Fünfjahrplanes (1933 bis 1937), in der die Frage „Wer – Wen?“ endgültig zugunsten des Sozialismus entschieden wurde, steht die Fusion des GDL und der GIRD zum RNII, dem ersten Großforschungszentrum für die Entwicklung von Raketen, die sowohl der Volkswirtschaft, als auch der Verteidigung dienen.

Das Anliegen des dritten Fünfjahrplanes (1937–1941) war u. a. die rationelle Standortverteilung der Industrie, in die auch der junge Raketenbau einbezogen wurde. Bereits 1940 konnte z. B. das von Korolow entwickelte erste Raketenflugzeug erprobt und Grundprobleme des Überschallfluges gelöst werden.

Im Verlaufe des vierten Fünfjahrplanes (1946–1950), mit dem die Folgen des Krieges überwunden wurden, stiegen Forschungsraketen in die oberen Schichten der Atmosphäre auf und gewannen volkswirtschaftlich relevante Erkenntnisse z. B. für die Wettervorhersage und die Nachrichtenübermittlung. 1949 erreichte eine Raketen-Nutzlast von mehr als einer Tonne eine Höhe von über 100 Kilometer.

Der fünfte Fünfjahrplan (1951–1955), der erste nach Gründung des RGW, war von großer Bedeutung für die Festigung und Erweiterung der Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten. Der Sowjetunion gelang es in diesen Jahren, die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für den Beginn der aktiven Raumfahrt zu schaffen. So stellte 1951 eine Rakete, die die Höhe von 450 Kilometer erreichte, einen neuen Weltrekord auf. In der der Spitze mitgeführten Tiere wurden wohlbehalten zur Erde zurückgeführt.

Im sechsten Fünfjahrzeitraum (1956–1960) stand die gezielte Erkundungsforschung des irdischen Raumes mit unbemannten Satelliten, des Mondes, der Venus und des Mars durch Automaten, sowie die Vorbereitung des bemannten Raumfluges im Vordergrund. Zu den bedeutendsten Forschungsergebnissen dieser Etappe gehören die Entdeckung der Strahlungsgürtel der Erde durch Sputnik 2 1957, das Fotografieren der Mondrückseite durch Lunik 3 1959, und der Nachweis, daß hochorganisiertes Leben den Raumflug ohne Schaden überstehen kann, durch Korabl 2 mit den Hündinnen Belka und Strelka 1960.

Die siebente Fünfjahresperiode (1961–1965) ist vorrangig durch koordinierte Grundlagenforschung mit Automaten und Kosmonauten in der Erdumlaufbahn gekennzeichnet. Neben über 100 Satelliten des Typs Kosmos, die ständig wissenschaftlich und volkswirtschaftlich orientierte Patrouillenflüge ausführen, erforschten Spezialsatelliten wie Elektron und Proton die physikalischen Bedingungen im irdischen Raum. Technologiesatelliten wie Poljot wiederum erprobten den Einsatz vollmanövrierfähiger Raumschiffe, und Molnija-Satelliten nahmen den regionalen und internationalen kosmischen Nachrichtenverkehr auf. Die bemannte Raumfahrt legte in dieser Zeit den Weg von Juri Gagarin seinem Orbitalflug 1961 bis zum ersten Ausstieg ins All 1965 zurück. Seitdem German Titow 1961 zum erstenmal aus dem Weltraum die Erde fotografierte, gehören zum Programm aller bemannten Unternehmen Arbeiten und Beobachtungen, die sowohl direkt als auch indirekt der Volkswirtschaft Nutzen bringen.

Der achte Fünfjahrplan (1966–1970) brachte einen großen Aufschwung der sowjetischen Raumfahrt, wobei die komplexe Grundlagenforschung im irdischen Raum den Vorrang hatte. Über 300 Forschungs- und Anwendungssatelliten gelangten in diesem Zeitraum auf Umlaufbahnen. Durch den Start von bisher 65 Nachrichtensatelliten der Typen Molnija, Raduga und Ekran sowie die Errichtung von 75 Orbita-Bodenstationen konnten über 30 Millionen Bürger der UdSSR im Hohen Norden und Fernen Osten, Sibirien und Mittelasien an das Zentrale Moskauer Fernsehen angeschlossen werden.

Der neunte Fünfjahrplan (1971–1975) führte zu einer neuen Qualität in der Kosmonautik der UdSSR und der mit ihr befreundeten Länder. In diesem Zeitraum starteten rund 500 Raumflugkörper, darunter 400 mit Forschungsaufgaben, die mittelbar der Gesellschaft zugute kamen und über 50 Anwendungssatelliten, die direkten volkswirtschaftlichen Nutzen erbrachten. Die Flugprogramme aller 10 Sojus- und Salut-Besatzungen enthielten direkte Aufträge von über 20 verschiedenen Ministerien und Volkswirtschaftszweigen.

Der zehnte Fünfjahrplan (1976–1980) wird zu einem weiteren Aufschwung der sowjetischen Raumfahrt führen. Die Hauptgeschwerpunkte sind dabei die weitere Erforschung des kosmischen Raumes, die Erschließung der Naturreichtümer der Erde und der Schutz unserer natürlichen Umwelt. Eines der wichtigsten Mittel dafür sind ständig die Erde umkreisende Orbitalstationen, die regelmäßig von Besatzungen aufgesucht werden. Ein langfristiger Dreistufenplan sieht für die 70er Jahre kleinere Mehrzweckstationen vom Typ Salut vor (Besatzung 2–8 Mann, Funk-

tionsdauer 1–5 Jahre), die komplett in die Umlaufbahn befördert werden; in den 80er Jahren mittlere Vielzweckstationen (Besatzung 12–24 Mitarbeiter, Funktionsdauer 5–10 Jahre), die aus vorgefertigten Segmenten in der Umlaufbahn montiert werden; für die 90er Jahre große Allzweck-Raumbasen (Besatzung 50–120 Menschen, Funktionsdauer 10–100 Jahre).

Die heroische und die ökonomische Periode

Der Wissenschafts-Kosmonaut Dr. Witali Sewastjanow untergliederte die bisherige Geschichte der aktiven Raumfahrtforschung in drei Etappen:

1. Die „heroische“ Periode der Pionierzeit Ende der 50er bis Anfang der 60er Jahre, in der es darum ging, die Fesseln der Schwerkraft abzustreifen, Kreisbahn- und Fluchtgeschwindigkeit zu erreichen, zum Mond, zur Venus und zum Mars vorzustoßen, die ersten Lebewesen und die ersten Menschen ins All zu entsenden.

2. Die „ungeduldige“ Periode der 60er Jahre, in denen Forschungen in alle möglichen und zugänglichen Richtungen erfolgten: im erdnahen und erdfernen interplanetaren Raum; auf den Oberflächen und in den Atmosphären der benachbarten Himmelskörper; auf den Gebieten der Astronomie, Astrophysik, Biologie, Chemie, Geologie, Geographie, Hydrologie, Medizin, Meteorologie, Nachrichtentechnik, Ozeanologie, Physik, Werkstoffkunde usw. Diese Sturm- und Drangzeit war inspiriert von dem Gedanken, durch die Raumfahrt zu neuen Ufern zu gelangen und führte zu revolutionierenden Umwälzungen auf vielen Gebieten der Wissenschaft und Technik. Gemeinsam mit der Kerntechnik und der Kybernetik gehört heute die Kosmonautik zu den drei großen „K“ der wissenschaftlich-technischen Revolution, die weitgehend Tempo und Dynamik dieses weltweiten Prozesses bestimmen.

3. Die „ökonomische“ Periode der Raumfahrt, die seit Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre einsetzte, ist dadurch charakterisiert, daß eine der Hauptrichtungen, nämlich die volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzung ihrer Ergebnisse immer mehr in den Vordergrund tritt. Für den blauen Planeten Erde, verglichen mit einem riesen-Raumschiff mit vier Milliarden Raumfahrern an Bord, werden die Verbesserung des Lebens seiner Bewohner und die Erhaltung seiner natürlichen Umwelt zum Hauptziel der Raumfahrt.

„Effektivitätsberechnungen“, so erklärte Dr. Sewastjanow, „haben ergeben, daß das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu Beginn der Raumfahrt bei 4:1 lag, heute hingegen 1:2. So erbrachte z. B. die Arbeit der beiden Besatzungen von Salut 4 für über 20 verschiedene Ministerien und Volkswirtschaftszweige einen Nutzen, der in Rubel ausgedrückt nicht nur die Kosten dieses Experimentes deckte, sondern auch noch Mittel für die Orbitalstation Salut 5 bereitstellte. Allein die Erkundung des Wachsichts im Pamir ersparte nach Berechnungen von Experten Ausgaben in Höhe von 50 Millionen Rubel. Die Mannschaft von Salut 4 untersuchte über diesem Gebiet, wo mehrere Wasserkraftwerke entstehen sollen, die geologische Struktur und den Zustand der Bergflüsse und entdeckte dabei drei neue tektonische Brüche“.

Produktivkraft Raumfahrt

Die Raumfahrt hat der Menschheit einen neuen reichen Quell der Produktivkraft Wissenschaft erschlossen. Wie in der Vergangenheit z. B. die Schifffahrt und die Luftfahrt neue technische Entwicklungen initiierten und kreierte – wie z. B. die Dampfmaschine und die Leichtbauweise, – so ist heute die Raumfahrt Katalysator des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und stimuliert die Entfaltung der Produktivkräfte. In der Sowjetunion wurde dafür der Begriff der Kosmisierung der Produktion geprägt. Dieser Prozeß, in dem die Wissenschaft von der Weltraumfahrt als Produktivkraft wirkt, wird in dreifacher Hinsicht verstanden:

Erkenntnisse und Erfahrungen, die im Weltraum gewonnen wurden, finden in die Produktion Eingang. So sind z. B. Transistorradios und Taschenrechner, Halbleiter und Herzschrittmacher, Digitaluhr und Diffusionsschweißen eindeutig „Abfallprodukte“ der Kosmonautik.

Bedingungen, die im Universum herrschen, werden auf die Erde geholt, d. h. in der Produktionssphäre nachgebildet oder für die Lösung von Menschheitsproblemen genutzt: z. B. Hochvakuum für Bildröhrenherstellung, Tieftemperaturen für Lebensmittelfrierung, Hochtemperaturplasma für die Melterung der Kernfusion, Intensivstrahlung für die Krebsforschung.

Gegenwärtig stehen wir am Anfang der Verlagerung bestimmter Teile von Produktionskomplexen in den Kosmos, wo unbeschränkt Verhältnisse zur Verfügung stehen, die auf der Erde überhaupt nicht oder nur annähernd und mit hohem Aufwand nachahmbar sind: ständige Schwerelosigkeit, energiereiche Strahlung, extreme Temperaturen, unbegrenzter Raum, höchste Sauberkeit, absolute Lautlosigkeit. Unter diesen Bedingungen laufen viele Produktionsprozesse anders ab als auf der Erde, bekannte Materialien verändern ihre Eigenschaften, völlig neue exotische Werkstoffe entstehen.

Kosmos – Koexistenz – Kooperation

Die Sowjetunion strebt seit Beginn des kosmischen Zeitalters danach, die Prinzipien der friedlichen Koexistenz auch im Weltraum anzuwenden. Bereits am 15. März 1958, also unmittelbar nach dem Start der ersten beiden sowjetischen Sputniks und der ersten beiden amerikanischen Explorer-Satelliten, schlug die UdSSR in der UNO den Abschluß eines völkerrechtlich verbindlichen Vertrages über die Nutzung des Kosmos zu ausschließlich friedlichen Zwecken vor. Die USA und ihre Verbündeten lehnten jedoch diesen Vorschlag ab und erst neun Jahre später, am 27. Januar 1967, wurde der „Vertrag über die Prinzipien für die Tätigkeit der Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraumes einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper“, kurz „Weltraumvertrag“ genannt, abgeschlossen. Desgleichen legte die Delegation der UdSSR bereits am 6. Juni 1962 im juristischen Unterausschuß des 1959 gegründeten UNO-Weltraumkomitees COPUOS den Entwurf eines internationalen Abkommens über die Rettung von Raumfahrern und Raumfahrzeugen bei Unglücksfällen vor. Das geschah unmittelbar nachdem die beiden ersten sowjetischen Kosmonauten Gagarin und Titow 1961 und die ersten beiden amerikanischen Astronauten Glenn und Carpenter ihre Orbitalflüge absolviert hatten. Auch in diesem Fall kam erst nach sechsjähriger Auseinandersetzung am 3. Dezember 1968 der „Raumrettungsvertrag“ zustande.

Die Sowjetunion entwickelte ein ganzes System der bilateralen und multilateralen Beziehungen für die internationale Zusammenarbeit bei der friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraumes, das auf drei Ebenen wirksam wird:

1. Die komplexe kosmische Kooperation von 9 sozialistischen Staaten (UdSSR, VR Bulgarien, ČSSR, DDR, Kuba, Mongolische VR, VR Polen, SR Rumänien und Ungarische VR) auf 3 Kontinenten (Europa, Asien und Amerika) ist ein Teil der internationalen politischen und ökonomischen Integration der RGW-Mitglieder. Sie erfolgt im Rahmen der 1967 geschaffenen Forschungsgemeinschaft Interkosmos und der 1971 gegründeten Nachrichtensatellitenorganisation Intersputnik. Bisher wurden über 40 Gemeinschaftsexperimente mit Raketen, Satelliten und Raum Schiffen durchgeführt, an denen sich die DDR mit 130 Geräten beteiligte. Für den Zeitraum zwischen 1978 und 1983 sind Flüge von Kosmonauten aller RGW-Länder an Bord von sowjetischen Raumschiffen und Orbitalstationen vorgesehen. Die erste Gruppe, bestehend aus Bürgern der ČSSR, der VR Polen und der DDR, hat bereits Ende 1978 ihr Training im Kosmonauten-Ausbildungszentrum „Juri Gagarin“ bei Moskau aufgenommen.

2. Die Zusammenarbeit der Sowjetunion mit Entwicklungsländern ist durch die brüderliche Hilfe bei der Nut-

zung der Raumfahrt für die Überwindung der Folgen der Kolonialherrschaft und kapitalistischer Abhängigkeit gekennzeichnet. Beispielgebend dafür ist das Weltraum-Abkommen mit Indien vom 10. Mai 1972. Dieser Vertrag ermöglichte es dem zweitgrößten Volk der Erde, den ersten Satelliten der „dritten Welt“ zu starten (Aryabhata 1 1975). Aryabhata 2, der 1978 mit einer Interkosmos-Trägerrakete von einem Kosmodrom der UdSSR aufsteigen soll, wird der erste eigene Erderkundungssatellit sein, den ein Entwicklungsland einsetzt.

3. Die Zusammenarbeit der Sowjetunion mit kapitalistischen Ländern erfolgt auf der Grundlage der Prinzipien der friedlichen Koexistenz und des gegenseitigen Vorteils. So arbeiten seit über einem Jahrzehnt sowjetische und französische Forscher entsprechend dem gemeinsamen Weltraumvertrag vom 30. Juni 1966 zusammen. Die Bilanz umfaßt über 20 Großversuche, bei denen annähernd 100 Ballonsonden und Forschungsraketen sowie 13 Satelliten und Sonden eingesetzt wurden. Von den 15 eigenen Satelliten, die Frankreich in die Umlaufbahn brachte, starteten 5 mit sowjetischen Raketen. Als drittes Land der Welt konnte Frankreich dank der Kooperation mit der UdSSR an Mond-, Mars- und Venus-Experimenten teilnehmen.

Höhepunkt des am 24. Mai 1972 abgeschlossenen und 5 Jahre gültigen Weltraumabkommens zwischen der UdSSR und den USA war der Sojus-Apollo-Testflug im Juli 1975, das erste internationale Gemeinschaftsexperiment der bemannten Raumfahrt. Am 18. Mai 1977 wurde ein neues „Abkommen über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums für friedliche Zwecke“ in Genf

durch die Außenminister der UdSSR und der USA unterzeichnet, das an die Stelle des abgelaufenen tritt. Es sieht eine Zusammenarbeit auf folgenden 8 Gebieten vor: Kosmische Meteorologie, Erkundung der natürlichen Umwelt; Erforschung des erdnahen Raumes; Erforschung des Mondes und der Planeten; Weltraum-Biologie und -Medizin; Entwicklung von Satellitensuch- und -bergungssystemen; Weltraumrecht; Bemannte Raumfahrt. Im Falle gemeinsamer Flüge von Kosmonauten und Astronauten sollen die Annäherungs- und Kopplungssysteme eingesetzt werden, die beim Sojus-Apollo-Testflug erfolgreich erprobt wurden. Die Arbeiten auf diesem Gebiet erfolgen in Übereinstimmung mit dem am 11. Mai 1977 zwischen der sowjetischen AdW und der amerikanischen NASA geschlossenen Vereinbarung.

Seit 1973 gibt es auch zwischen der UdSSR und Schweden ein Weltraumabkommen, in dessen Rahmen beteiligte sich Schweden 1976 zum ersten Mal mit einer eigenen wissenschaftlichen Nutzlast an dem Forschungssatelliten Interkosmos 16. Von den Konsequenzen und Potenzen der Koexistenz und Kooperation im Kosmos zeugt das Komplexunternehmen mit den Biosatelliten Kosmos 782 im November/Dezember 1975 und Kosmos 936 im August 1977. An Bord dieser Raumflugkörper aus der Wostok/Woßchod-Klasse wurde zum erstenmal künstliche Schwerkraft an verschiedenen Tieren erprobt. Zugleich waren sie die bisher größten Gemeinschaftsexperimente sozialistischer und kapitalistischer Staaten, beteiligten sich doch 9 Länder – UdSSR, USA, Frankreich, VR Bulgarien, CSSR, DDR, VR Polen, SR Rumänien und Ungarische VR – an den insgesamt 28 Versuchsanordnungen.

Vorläufige Sonnenflecken-Relativzahlen für Januar bis Mai 1977

Tag	Relativzahlen R				
	Jan.	Febr.	März	April	Mai
1	20	15	0	7	15
2	32	19	8	11	14
3	25	19	8	10	22
4	22	16	8	7	23
5	21	18	8	7	16
6	13	7	9	8	16
7	0	7	8	7	12
8	0	26	20	0	19
9	0	21	20	0	25
10	0	23	19	0	29
11	14	25	19	8	34
12	19	48	9	12	35
13	23	68	8	16	26
14	22	61	7	22	33
15	20	45	0	34	26
16	18	49	0	33	21
17	30	44	0	32	20
18	26	37	0	29	12
19	7	25	0	22	0
20	0	10	0	12	11

Tag	Relativzahlen R				
	Jan.	Febr.	März	April	Mai
21	15	9	0	20	14
22	24	9	10	19	7
23	34	9	8	18	7
24	35	8	7	8	7
25	17	8	14	0	0
26	8	8	8	14	7
27	0	0	9	8	13
28	13	0	16	16	16
29	11		8	9	20
30	8		8	8	30
31	10		8		40

Monats-Mittel: 15,7 22,6 8,0 13,2 18,4

Prof. Dr. M. WALDMEIER

Amateure beobachten und berichten

Zur Technik der Sonnenbeobachtung

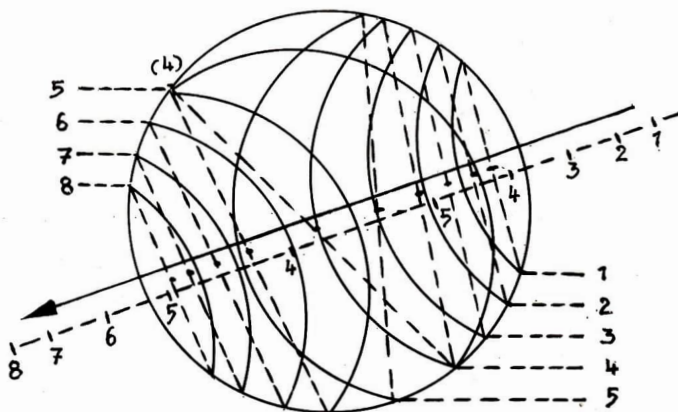
Dr. MARTIN LEO

In Heft 5/76 dieser Zeitschrift beschrieb Hans Glombik die Anwendungsweise des sogenannten „Netzmikrometers“. Diese Darstellung muß meines Erachtens durch den folgenden Hinweis ergänzt werden: Wenn die Sonne ohne Flecken ist oder nur mit diffusen helleren Stellen (Fackeln) oder eventuell nur mit einer Pore an der Grenze der Sichtbarkeit „bedeckt“ ist, versagt die Markierungsmethode mit Bleistift auf dem stationären Blatt mit quadratischer Einteilung und eingezeichnetem Kreis von der Größe des Sonnenbildes („Netzmikrometer“).

Das Netzmikrometer, dessen Genauigkeit von H. Glombik hervorgehoben wurde, braucht weder gedreht zu werden, noch besitzt es Tangenten, zwischen denen das Sonnenbild zu wandern hat. Trotzdem gelingt es mit ihm, die momentane von der Tageszeit abhängige Bewegungsrichtung der Sonne exakt zu bestimmen. Wie die Abbildung zeigt, wird die Schnittpunktlinie der Peripherie des auf dem Blatt befindlichen Kreises mit je zwei Punkten der Peripherie des über den Kreis hinwegwandernden Sonnenbildes halbiert. Die Halbierungspunkte liegen auf einer Geraden, die parallel zu der durch den Mittelpunkt des Kreises zu ziehenden Bewegungsrichtung verläuft.

Da es Schwierigkeiten macht, gleichzeitig den Ort von zwei Punkten zu berücksichtigen, wählt man die Augenblicke, in denen ein Punkt des Sonnenbildes durch eine (horizontale oder vertikale) Linie des Netzmikrometers hindurchgeht. Die Aufmerksamkeit kann sich nun besser auf den anderen Punkt konzentrieren, der meist zwischen den Linien des Netzes liegt.

Abb. 1: Anwendungsweise des stationären „Netzmikrometers“ bei fehlenden Sonnenflecken.



Messungen der direkten Sonnenstrahlung während der Sonnenfinsternis vom 29. April 1976

Als Ergänzung zu den in Heft 1/1977 dieser Zeitschrift veröffentlichten Berichten über Messungen von Helligkeit und Lufttemperatur usw. während der Sonnenfinsternis vom 29. April 1976 seien hier Ergebnisse von Messungen der Intensität der direkten Sonnenstrahlung mitgeteilt. Sie wurden in Bad Doberan mit einem Michelson-Marten-Aktinometer im Bereich der Gesamt- und Rotstrahlung durchgeführt. Die Resultate befinden sich in der nachstehenden Tabelle (Rotwerte korrigiert!).

Der Finsternistag war hier wolkenarm und klar; der Transmissionskoeffizient betrug im Mittel 0,790 für die Gesamt-, und 0,840 für die Rotstrahlung, und das Verhältnis von Himmels- zu Globalstrahlung lag bei 1:5,5. Der Himmel war gut blau (Blauwert nach Linke 8°). Die Spur des Campbell-Stokes-Sonnenscheinautographen war kaum nennenswert beeinflusst. Das gleiche gilt für die Helligkeits- und Lufttemperaturregistrierungen. Bei letzteren blieben die Änderungen unter 0,5°C, was auch bei dem geringen Verfinsterungsvorgang verständlich ist. Der Tiefstwert trat etwa 15 Minuten nach der maximalen Verfinsterung (hier 34 %) ein.

Dr. Dr. W. W. SPANGENBERG

Tabelle

Intensitäten der direkten Sonnenstrahlung am 29. 04. 1976 in $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

Zeit MEZ	Gesamtstrahlung	Rotstrahlung	Zeit MEZ	Gesamtstrahlung	Rotstrahlung
08.45	1.08	0.73	11.20	0.89	0.62
09.00	1.11	0.75	11.35	0.87	0.55
09.20	1.15	0.78	11.40	0.86	0.56
09.40	1.18	0.75	11.50	0.91	0.60
09.50	1.20	0.79			
			12.00	0.99	0.64
10.00	1.21	0.79	12.10	1.09	0.76
10.10	1.22	0.84	12.20	1.18	0.80
10.20	1.17	0.77	12.30	1.26	0.85
10.35	1.16	0.74	12.40	1.32	0.84
10.40	1.14	0.75	12.50	1.34	0.84
10.50	1.08	0.73			
			13.00	1.32	0.86
11.05	0.98	0.63	13.10	1.31	0.86
11.10	0.91	0.61			

Mondhalo beobachtet

Am 1. 3. 1977 beobachteten wir um den Mond, der zu diesem Zeitpunkt im Sternbild Zwillinge ($\alpha = 6 \text{ h } 51,5 \text{ min}$; $\delta = +17,52^\circ$) stand, farbige Ringe. Der erste Ring mit rötlichem Innenrand hatte eine scheinbare Entfernung von 22° um den Mond. Der zweite, weiße Ring leuchtete in einer scheinbaren Entfernung von 46° . Der Zeitpunkt der Beobachtung lag zwischen 19.30 Uhr und 20.30 Uhr MEZ. Der Himmel war leicht bewölkt. Nachdem die Wolken gegen 19.30 Uhr MEZ verschwanden, konnte man den Mond sehr gut sehen. Um ihn leuchteten die Ringe etwa so hell wie der Jupiter. Gegen 19.45 Uhr MEZ zogen wieder Wolken auf, doch die Ringe leuchteten immer noch matt zwischen den Wolken. 20.15 Uhr MEZ klarte es wieder auf, doch die Ringe waren nicht mehr so hell, und gegen 20.30 Uhr MEZ verschwanden sie.

Nach G. Dietze [1] handelt es sich um einen Mondhalo. Halos entstehen durch Spiegelung, Brechung und Beugung des Lichtes an Eiskristallen. „Als häufigster Halo sei der weiße „kleine Ring“ genannt, der die Sonne (Mond) mit einem rötlichen Innenrand und einem Radius von 22° umgibt. Daneben kann der „große Ring“ mit einem Halbmesser von 46° auftreten“ [2].

Die beiden Halos sind jedoch nicht die einzigen Haloformen [3].

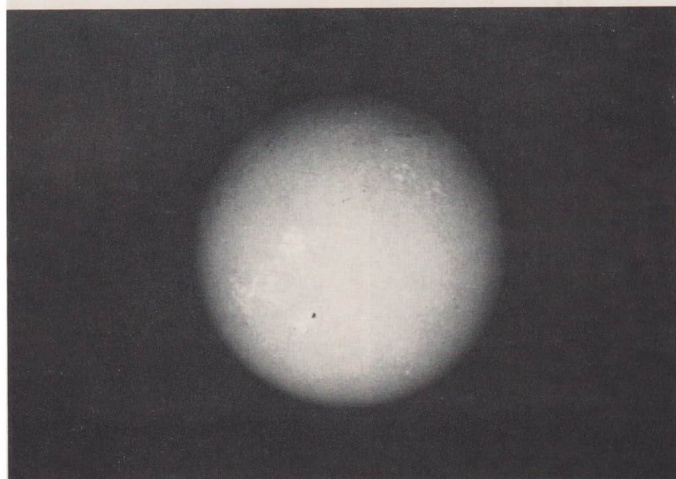
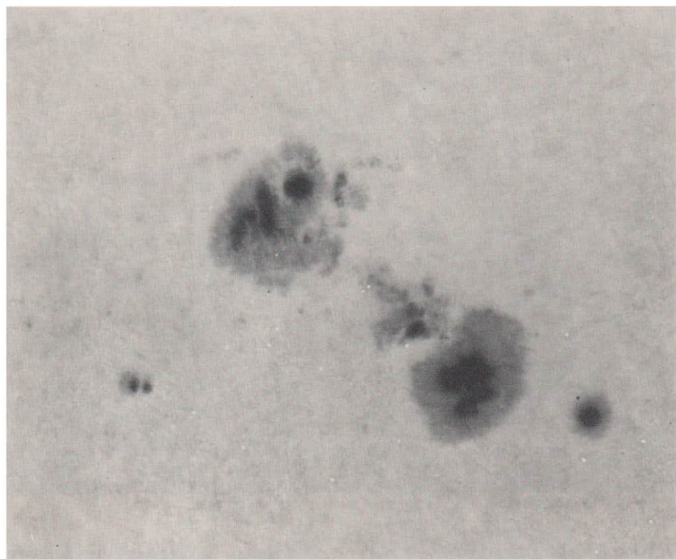
Literatur:

[1] Dietze, G.: Einführung in die Optik der Atmosphäre Leipzig 1957. - [2] Wattenberg, D.: Der Regenbogen von Frankenhausen am 15. Mai 1525 im Lichte anderer Himmelserscheinungen. Vorträge u. Schriften Nr. 24 Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow 1965. - [3] Sigmund, K.: Die Lichterscheinungen in der Erdatmosphäre. *Astronomie und Raumfahrt* 5/1972 S. 141.

A. KNÖFEL / A. HÄUSSLER

S. I, Abb. 1, oben: Fleckengruppe mit Granulation. Abb. 2, unten: Fackeln, Filamente und Supergranulation im Licht der $\text{H}\alpha$ -Linie.

Zum Beitrag S. 134



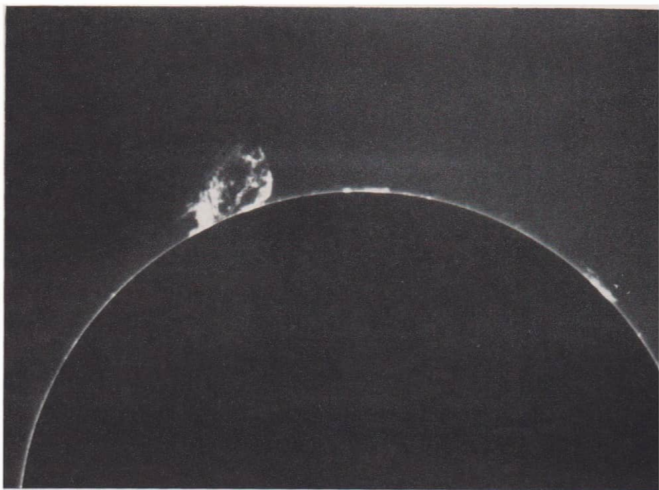
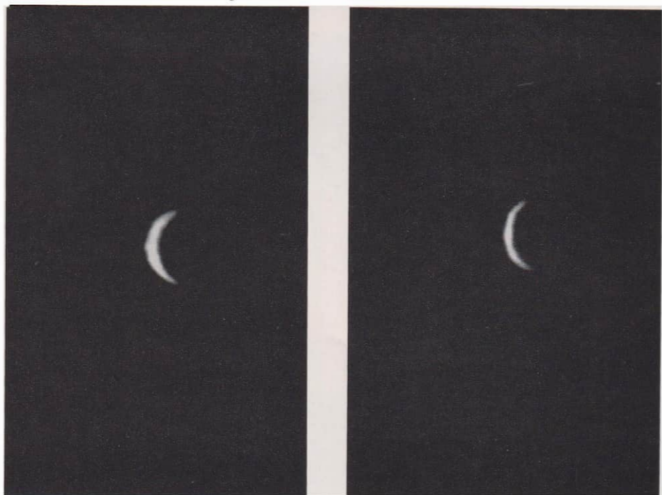


Abb. 3: Koronale Kondensationen am Sonnenrand. Zum Beitrag S. 134

Unten: Venus Abb. 1. Zum Beitrag S. 145.

Abb. 2



Zum Beitrag „Jupiteropposition 1975“, S. 150

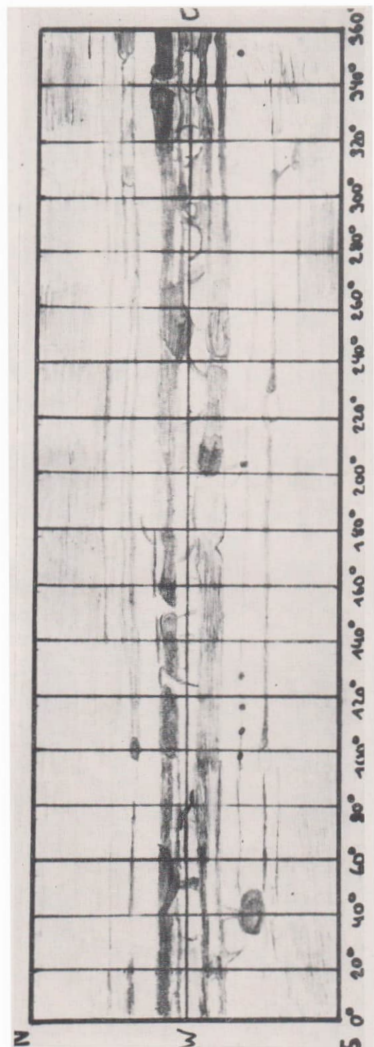
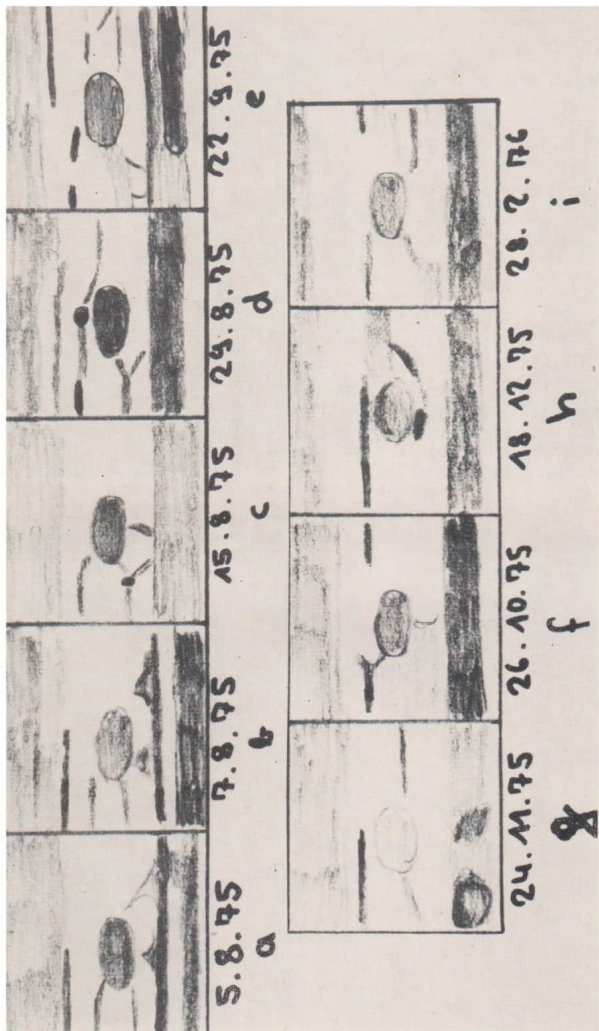


Abb. 1: Merkatorkarte 5. — 7. 8. 75, zusammengestellt aus 13 Einzelzeichnungen. Beobachter: Steffen Ziemer, Gerät: Coude 150/2250.



Zum Beitrag S. 150, Abb. 3: Entwicklung in der GRF-Umgebung. Beobachtet am Coude 150/2250, daher sind die Bilder spiegelverkehrt.

Venus – April 1977

Die untere Venuskonjunktion am 6. April 1977 war wegen des großen nördlichen Abstandes der Venus von der Sonne (+ 7°) besonders günstig. Diese guten Beobachtungsbedingungen ermöglichten es, die Venus noch kurz vor ihrer unteren Konjunktion am Tageshimmel zu beobachten.

Am 2. April 1977 um 12 Uhr MEZ konnte ich die Venus nochmals mit dem Telementor 63/840 am Tageshimmel auffinden. Mittels der Teilkreise und der Aufsuchungsephemeride für Venustagesbeobachtungen im Sternkalender konnte die Venus nach kurzer Zeit gefunden werden. Sie zeigte sich als extrem-schmale gelblichweiße Sichel. Der beleuchtete Teil betrug nur noch 0,016. Das Übergreifen der Sichelspitzen war deutlich zu sehen, vom „aschgrauen Licht“ der Venus wurde nichts bemerkt.

Hierzu noch ein Beobachtungshinweis: Bei Venustagesbeobachtungen dicht um ihre Konjunktion sollte man, um eine Überblendung des Gesichtsfeldes wegen der Sonnennähe zu vermeiden, entweder mit stärkerer Vergrößerung oder mit Rohrverlängerung arbeiten. Voraussetzung ist natürlich ein gut justiertes Fernrohr.

Die günstigen Sichtverhältnisse der Venus ermunterten auch zu fotografischen Versuchen: Aufnahmen 1 und 2: 29. 3. 77 19^h20^m MEZ, Refraktor 63/840, 105 × Exa 1 a, NP 27 Film. Belichtungszeit 1 s und 1/30 s. Beide Aufnahmen (S. II) zeigen deutlich eine Abhängigkeit der fotografisch erfaßten Sichelbreite von der Belichtungszeit.

KARL-HEINZ MAU

Berechnung der Albedo des Uranusmondes Oberon

Im Kalender für Sternfreunde 1970, Seite 157, ist eine Formel angegeben, mit der man die Temperatur des subsolaren Punktes (Maximaltemperatur) errechnen kann. Diese Formel gilt für atmosphärenlose Himmelskörper, deren Rotationszeit größer als 10 Tage ist. Die Rotationsperiode von Oberon ist nicht unmittelbar bekannt, aber es scheint in unserem Sonnensystem die Regel zu sein, daß Satelliten eine gebundene Rotation ausführen, und so habe ich für Oberon eine Rotationszeit von 13,46 d angenommen. Damit ist die verwendete Formel in dieser Hinsicht gültig. Auch dürfte der Satellit bei etwa 800 km Durchmesser keine nennenswerte Atmosphäre haben.

Es gilt also

$$T_{\max} = \sqrt[4]{(1-A) \cdot J \cdot 394 \text{ K}}$$

J = Mittl. eingestrahelte Sonnenenergie, A = Albedo, $T_{\max}$ = Maximaltemperatur.

Aus sechs verschiedenen Quellen suchte ich mir nun eine über die Uransscheibe gemittelte Gleichgewichtstemperatur (Oberflächentemperatur) unter der Annahme, daß die Temperaturverhältnisse auf Oberon ähnlich sind. Es ergab sich eine Durchschnittstemperatur von 94,5 K. Wenn man die Temperatur kennt, kann man durch Umstellen der Formel leicht den Albedowert berechnen. Es ergab sich erstaunlicherweise eine negative Albedo, woraus man schlußfolgern könnte, daß die Temperatur des Uranus zu hoch angegeben wird, denn nur durch Annahme einer noch geringeren „Oberflächentemperatur“ des Uranus liefert die Formel einen positiven Albedowert. Viele moderne kosmologische Theorien sehen einen engen Zusammenhang zwischen der Entstehung der Planeten und ihrer Monde; und die Dichte der Monde scheint auch bei den sonnenfernen Planeten gering zu sein (Hauptbestandteil gefrorene Gase). Das würde aber wieder eine relativ höhere Albedo erwarten lassen.

Der Verfasser rechnete nun rückwärts und ging von den bekannten Albedowerten der Jupitermonde aus: Bei Annahme von $A = 29\%$ (Ganymed) ergab sich für Oberon eine Temperatur von 40 K. $A = 50\%$ (Io) ergab eine Temperatur von 119 K.

Man kann nun aus dieser Betrachtung schlußfolgern, daß die Temperatur niedriger liegt, als in der Literatur angegeben oder daß die Temperatur von Oberon nicht mit der Temperatur von Uranus übereinstimmt. Es wäre interessant, auch an anderen Beispielen solche Bilanzrechnungen aufzustellen.

MANFRED SCHRÖTTER

Literatur:

Kalender für Sternfreunde 1970; Meyers Taschenlexikon; Meyers Kleines Lexikon; ABC Astronomie.

Teleskop 200/1600 900, – M, Teleskop 110/950 400, – M verkauft F. Zingelmann, 213 Prenzlau, F. W. 20

Verkaufe: Typenbücher, Raumflugkörper 16,80 M. Raumschiffe 19,80 M, R. Kühn, 8021 Dresden, Gartenheimallee 9

Eine Vorrichtung zur Korrektur der Nachführung an Amateurfernrohren

WOLFGANG ROLOFF

Der Wunsch nach gesteigerter Auflösung bei Astroaufnahmen, besonders von solchen Objekten wie Sternhaufen und Nebeln, führt bekanntlich nur mit längeren Brennweiten zu befriedigenden Ergebnissen und Objektive mit mehr als 300 mm Brennweite sind zur Aufnahme anzustreben. Die gegenüber kurzbrennweitigen Objektiven gesteigerten Anforderungen an die Qualität der Nachführung lassen sich häufig mit den gebräuchlichen Amateurmontierungen nicht mehr realisieren und selbst relativ kurz belichtete Bilder sind nur mit großer Mühe unverzogen anzufertigen.

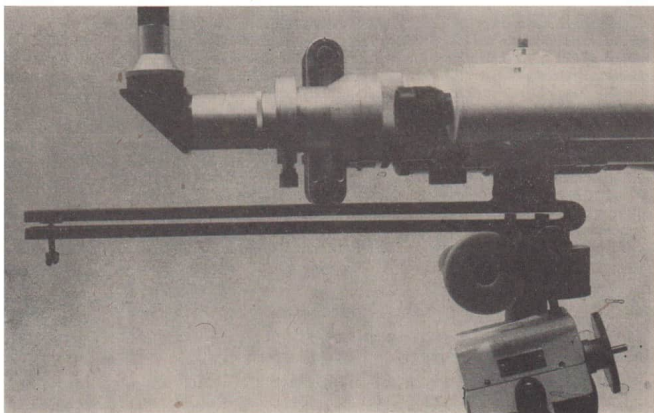
Die hier vorgestellte Vorrichtung wurde speziell zur Verwendung an der Ib-Montierung gebaut und hat sich im praktischen Einsatz bewährt. Bei der Konstruktion lagen folgende Gedanken als Konzept zu Grunde:

1. Die Vorrichtung sollte ohne Eingriffe in den Aufbau des vorhandenen Nachführmechanismus wirksam werden.
2. Größtmögliche Einfachheit der Konstruktion, hohe Zuverlässigkeit sowie bequeme Handhabung sollten gewährleistet sein.
3. Die Stabilität der Montierung sollte bei geringem zusätzlichem Gewicht erhalten bleiben.
4. Die Verwendung elektronischer Einrichtungen, deren Beschaffung bzw. Bau nicht jedermanns Sache ist, war ganz zu umgehen.

Die in den Abb. 1 und 2 gezeigte Vorrichtung arbeitet nach folgendem Prinzip: Mittels einer sehr kräftigen Stahlgabel, welche in der Nähe ihrer Biegung einerseits fest in die Klemmung der Prismenführung eingespannt ist und andererseits die Befestigung für Leitrohr und Kamera trägt, sowie der am offenen Ende der Gabel befindlichen Feinstellschraube gelingt es, den Öffnungswinkel der Gabel zu verändern und damit auch Leitrohr samt Kamera unabhängig vom Lauf des Antriebs in Stunde zu bewegen.

Infolge der elastischen Verformbarkeit von Flachstahl geht ein Großteil der axialen Schraubenbewegung zu Lasten der Durchbiegung der Gabelflügel und nur ein kleinerer Anteil verformt die Gabelwurzel selbst. Dadurch ist eine feine Einstellung des Leitsteras, während dem die Nachführung läuft, möglich.

Abb. 1



Sehr wichtig für die Stabilität der Vorrichtung hinsichtlich Beanspruchung auf Verdrehung der Gabel ist es, die Befestigungen sowohl auf Seiten der Montierung, wie auch auf Seiten der Optik in unmittelbarer Nähe der Gabelbiegung vorzunehmen, andernfalls muß mit verminderter Belastbarkeit und schwingungsmechanisch ungünstigem Verhalten gerechnet werden. Das Biegen eines Flachstahls von mindestens 10×40 mm Querschnitt sollte in jedem Fall nur im Warmzustand erfolgen, um sonst unvermeidbare Rißbildung auszuschließen. Erst nach erfolgtem Biegen werden die Halterungen justiert, angeheftet und dann mit der Gabel verschweißt. Als Feinstellschraube ist die Verwendung von Gewinde M 6 zweckmäßig.

Besonderes Augenmerk ist auf guten Sitz der Schraube im Gewindegang sowie auf genaue Zentrierung der Schraubenspitze zu legen, da andernfalls nach Bewegungen der Schraube leichte Verstellungen in Deklination auftreten können. Die Schraubenspitze greift zweckmäßig in eine kleine kegelförmige Vertiefung, die ein Körnerschlag sein kann, und welche nach erfolgter Biegung der Gabel angebracht wird.

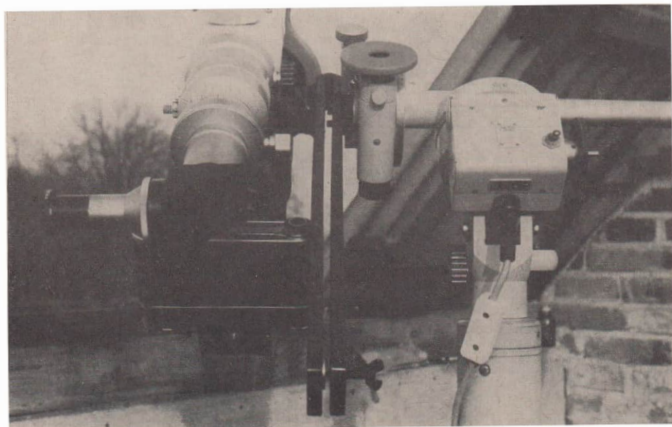
Zu Beginn der Aufnahme sollte die Feinstellschraube eine mittlere Stellung einnehmen, um sowohl Korrekturen bei vorgehender als auch bei nachgehender Stundenbewegung anbringen zu können. Eine Überdehnung der Gabel kann man durch entsprechende Bemessung der Schraubenlänge von vornherein ausschließen. Bei der Verwendung an der Ib-Montierung hält sich der erforderliche Schraubweg aber ohnehin im Bereich weniger Millimeter. Diese Angabe ist bezogen auf eine Belichtungsdauer von einer Stunde, Äquaturnähe des Leitsterns und eine Gabellänge von 500 mm.

Die im Bild gezeigte Vorrichtung hat ein Gewicht von 4,25 kp und wurde mit Refraktor 80/840 und Teleobjektiv 5,6/500 entsprechend einem Gewicht von 9,5 kp belastet. In anderer Kombination mit Refraktor 80/840 und Newton-Spiegel 150/900 ergaben sich 11,5 kp. Die Stabilität der Vorrichtung blieb jederzeit gewährleistet.

Als Vorteile sind zu nennen: Die stets gleichbleibende Nähe der Feinstellschraube zum Okular des Leitrohrs sichert eine bequeme Handhabung und schützt somit vor schneller Ermüdung bei der Aufnahme. Die einfache mechanische Wirkungsweise sichert hohe Zuverlässigkeit und genau bemessene Korrektionsmomente ab. Der Montierungsantrieb wird geschont und die Nachlaufeigenschaften von Zahnradgetriebe und Rutschkupplung sind völlig ausgeschaltet.

Diese Vorrichtung ist ohne erhebliche konstruktive Änderungen an jeder ähnlich aufgebauten Amateurmontierung anwendbar. Ich empfehle sie zum Nachbau.

Abb. 2



Es soll hier eine Möglichkeit zum Bau eines Suchers gezeigt werden, welche ohne große finanziellen Aufwendungen durchführbar ist. Dieses kleine Gerät ist besonders für den Anfänger auf dem Gebiet der Amateur-Astronomie geeignet. Es kann z. B. für einfache Positionsbestimmungen verwendet werden und leistet als Peilgerät an Theodoliten oder auch schon an einfachen Pendelquadranten gute Dienste. Außerdem kann es als Sucher für kleinere Eigenbau-Fernrohre sowie für im Handel gebräuchliche Refraktoren, welche nicht mit einem Sucher ausgerüstet sind, benutzt werden.

Als Objektiv verwendet man eine Plan- oder Bikonvexlinse mit einer Brennweite $f = 10 \dots 15$ cm. Größere Brennweiten sind nicht sinnvoll, da sich sonst ein zu kleines Blickfeld ergibt.

Als Tubus wird eine Papphülse, oder noch besser ein PVC-Rohr verwendet, das bei jedem Klempner erhältlich ist. Das Rohr sollte etwas kürzer sein als die Objektivbrennweite.

Die Objektivfassung wird aus Aluminium gedreht und zwar so, daß sie sich auf den Tubus aufstecken läßt (Abb. 1).

Der Objektivdurchmesser auf eine Öffnung von etwa 15 mm abgeblenket, verhindert, daß sich Abbildungsfehler zu stark bemerkbar machen. Als Okular dient ebenfalls eine einfache Sammellinse von etwa 2 bis 3 cm Brennweite. Der Okularauszug besteht aus einem 6 cm langen, gedrehten Aluminiumteil, in welchem die Konvexlinse entweder eingekittet oder mit Hilfe eines Federrings befestigt wird. Oft ist es von Vorteil, wenn das Okular nicht direkt vor dem Auge sitzt, sondern etwa 1 cm davon entfernt.

Das Fadenkreuz, welches aus sehr feinem Draht besteht, wird auf eine Blende geleimt, die aus einem Papp- oder Metallring bestehen kann. Ihr Innendurchmesser muß auf die Objektivöffnung abgestimmt sein. Sie wird dann so in der Okularhülse untergebracht, daß sich ein scharfes Bild des Fadenkreuzes ergibt. Dies ist im gemeinsamen Brennpunkt von Okular und Objektiv der Fall (Abb. 2). Wichtig ist noch, daß alle Teile innen mattschwarz gefärbt werden, was mit Plakatfarbe oder Schultafellack geschieht.

Wer die Vergrößerung seines Suchers berechnen will, muß zuerst die Brennweiten f des Objektivs und des Okulars bestimmen. Das kann folgendermaßen geschehen:

Eine 4,5 Volt-Lampe (evtl. Taschenlampe) wird in der beliebig festzulegenden Entfernung s (jedoch $s > 2f$) von der zu prüfenden Linse aufgestellt. Man verschiebt nun einen möglichst weißen Projektionschirm aus Pappe hinter ihr so, daß ein scharfes, verkleinertes Bild der Lichtquelle entsteht und notiert den Abstand zwischen Linse und Schirm. Diese Arbeit wird in einem abgedunkelten

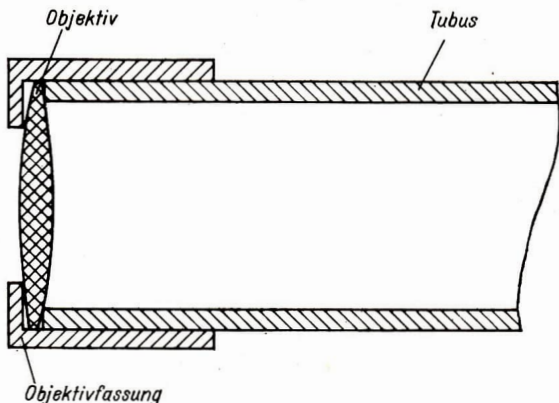
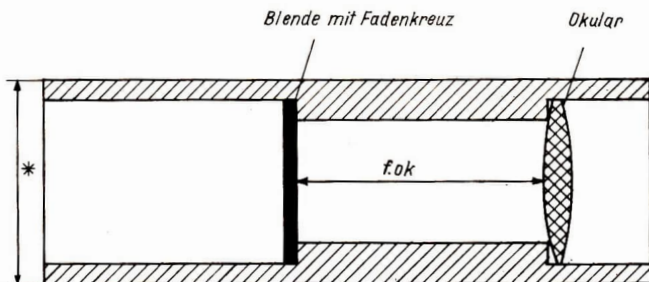


Abb. 1



* Tubusinnendurchmesser

Abb. 2

Raum und auf einer möglichst gleichmäßigen Unterlage (ein langes Brett oder großer Tisch) ausgeführt.

Die Brennweite läßt sich nun aus der Abbildungsgleichung berechnen,

$$f = \frac{s \cdot s'}{s + s'}$$

wobei s die Entfernung zwischen Lampe und Linse, und s' die Entfernung zwischen Projektionschirm und Linse ist (s = Gegenstandsweite, s' = Bildweite).

Mittelwertbildung:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} = 1$$

Die Fernrohrvergrößerung N ergibt sich dann aus

$$N = \frac{f_{\text{Objektiv}}}{f_{\text{Okular}}}$$

Mit etwas Geschick lassen sich die gedrehten Aluminiumteile auch aus Papier- oder Pappwicklungen herstellen, wobei jedoch unbedingt auf genauen, zentrischen Sitz der Linsen geachtet werden sollte. Der fertige Sucher wird mit Hilfe einer Schelle oder auf andere einfache Weise am Fernrohr, Theodolit oder Pendelquadrant montiert.

Versuche es selbst!

Unter dieser Aufforderung veröffentlichen wir Aufgaben und Probleme sowohl für den beobachtenden als auch für den theoretisch arbeitenden Liebhaber der Astronomie. Durch unterschiedliche Anforderungen hoffen wir alle Leser anzusprechen und zu interessieren. Preise und Urkunden können nicht gegeben werden. Die Redaktion hofft trotzdem auf Einsendung von Lösungen.

Lösungen (mit Lösungsweg) oder Vorschläge für Aufgaben (mit Lösung) sind zu richten an die Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8. Kennwort: Versuche

H. ALBERT

1. Aufgabe

Bevor der mittlere Ort eines Sternes für einen bestimmten Zeitpunkt mit großer Genauigkeit festgelegt werden kann, müssen die am Fernrohr abgelesenen Koordinatenwerte durch mehrere Korrekturgrößen reduziert werden. Dazu gehört u. a. auch die von J. Bradley gefundene Aberration des Sternlichtes, die gleichzeitig ein Beweis für die Erdrevolution ist. Die Aberration beträgt innerhalb eines Jahres maximal $k = 20''47$. Aus dieser Aberrationskonstanten k ist die mittlere Bahngeschwindigkeit der Erde bestimmbar.

Einsendeschluß (Poststempel): 1. 12. 1977

Jupiteropposition 1975

Beobachtungsergebnisse

STEFFEN ZIEMER

Auf dem 1. Jugendtreffen des ZFA im Februar 1976 beschlossen einige Jugendfreunde, ihre Jupiterbeobachtungen gemeinsam auszuwerten. An der Auswertung waren beteiligt: H.-D. Greißner, Friedersdorf (80/840 Refraktor); D. Böhme, Nessa und Jena (165/1430 Newton bzw. 150/2250 Coude); K.-H. Mau, Wegeleben (63/830 Refraktor); S. Ziemer, Radebeul (150/2250 Coude).

Von Herrn Prell erhielten wir mehrere Jupiterzeichnungen, von den Amateuren Klomfor, Yollmann, Schäfer, Borchers, und Glitscher Intensitätsschätzungen des GRF.

Nordhalbkugel

Auf der Nordhalbkugel konnten mit größeren Geräten zwei Bänder ausgemacht werden: Das NTB (aufgespalten in zwei Komponenten) und das NNTB. Nördlich des NNTB befand sich die NPR. Die relativ dunklen Massen der NPR reichten zeitweise bis an das NNTB. Auch die zwischen NNTB und NTB liegende NTZ erschien größtenteils dunkel. Somit war die NTz das hellste Gebiet auf der Nordhalbkugel. Selbst in kleinen Instrumenten konnte ab Anfang September eine zunehmende Verbreiterung und „Verwischung“ des NTB beobachtet werden. Im Coude ließ sich feststellen, daß nicht das ganze NTB, sondern nur die Südkomponente diffuser wurde. Weiterhin wurden ab etwa diesem Zeitpunkt in der NTz erst helle Flecke und auch Brücken beobachtet.

Im Oktober war die vorher weiße NTz grau und die NTZ weiß. Die graue Materie der NTz wurde von hellen Flecken und Brücken unterbrochen. Am Südrand des NTB wurden sehr dunkle Flecken beobachtet.

Im Januar erschien das NTB wieder in der gewohnten Form. Die NTZ war wieder relativ grau, aber breiter als vorher. In der wieder hellen NTz konnte kurzzeitig ein weiteres, sehr schwaches Band beobachtet werden. Aus Beobachtungen verschiedener Objekte konnte für das NTB eine mittlere Driftgeschwindigkeit von $+0,6-0,7^\circ/\text{d}$, für die NTz eine solche von $+0,4^\circ/\text{d}$ gegen S II abgeleitet werden.

Äquatorzone EZ und angrenzende Bänder

In der EZ wurde eine Vielzahl von Brücken, Dunkelfronten und hellen Flecken beobachtet (siehe Merkatorkarte). Eine ausgeprägte Drift der EZ-Objekte gegen System I konnte nicht festgestellt werden. Die Mehrzahl der Objekte bewegte sich mit sehr geringen Geschwindigkeiten um $\pm 0,2^\circ/\text{d}$. Das NEB war meist dunkler als das SEB. Beide Bänder teilten sich in Nord- und Südkomponenten, die jedoch an vielen Stellen zusammenhingen. Besonders im SEB wurden große, dunkle Wolkenballungen beobachtet. In der Zeit der enormen Ausdehnung des NTB nahm das NEB deutlich an Breite ab.

Südhalbkugel

Wie die folgenden Ausführungen zeigen werden, war die Südhalbkugel Jupiters die dynamischste Region des Planeten. Zu Beginn der Beobachtungsperiode, Anfang August, wurden in großen Geräten östlich des GRF, der zu diesem Zeitpunkt etwa bei 35° im System II lag, drei Bänder beobachtet: 1. das altbekannte STB mit nur 2 WOS-Objekten; 2. ein etwas schwächeres Band nördlich von ihm (wir nennen es STeB); 3. das nur stellenweise als Nordrand der SPR sichtbare SSTB.

Das STB „knickte“ im August bei etwa 310° zur SPR ab. Der Rest des Bandes verlief sich bei etwa 340° (siehe Merkatorkarte). Das dritte WOS-Objekt befand sich wahrscheinlich im Gebiet zwischen 340° und 30° , so daß es nicht beobachtet werden konnte. Überhaupt muß gesagt werden, daß die WOS-Objekte merklich an Intensität nachgelassen hatten. Eine grafische Darstellung der Drift der WOS-Objekte gegen S II gibt Abb. 2.

Die mittlere Driftgeschwindigkeit der WOS-Objekte betrug $-0,7^\circ/\text{d}$. Dabei war das Objekt DE etwas schneller als FA. Auf die WOS-Objekte wird noch im Zusammenhang mit dem GRF eingegangen. Recht interessant entwickelte sich das Geschehen im STeB. Ein ähnliches Band wurde

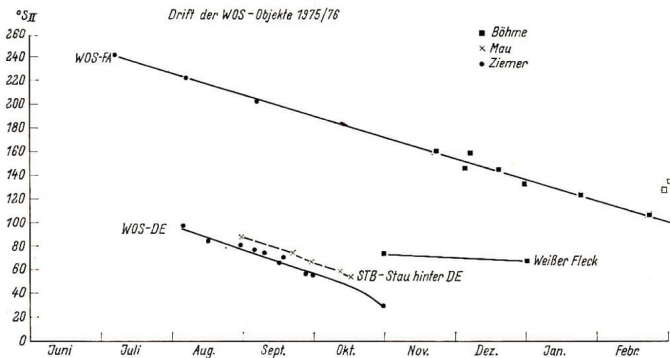


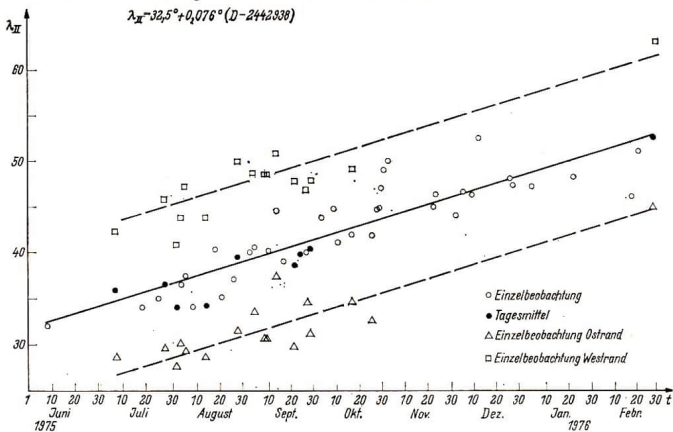
Abb. 2

von D. Böhme bereits 1971 beobachtet. In ihm wurden eine Vielzahl dunkler Punkte wahrgenommen, die meist Ausgangspunkt von Brücken zum SEBs hin waren. Der Versuch, einige dieser Punkte zu identifizieren gelang, bei Annahme einer mittleren Driftgeschwindigkeit von $+2,8^\circ/\text{d}$. Allerdings kann die daraus resultierende Übereinstimmung bei 6 Objekten auch Zufall sein. Zum STeB ist noch zu bemerken, daß dieses im August bei etwa 300° unsichtbar wurde.

Bereits Ende September konnte es jedoch um den gesamten Planeten gesehen werden. Alle drei Bänder schwankten stark in Intensität und Breitenausdehnung. Besonders das STB war in sich sehr inhomogen und zeigte hinter den WOS-Objekten „Stauungen“.

Bereits die Abbildungsserie 3 zeigt die starken Veränderungen des Gebietes um den GRF. Zu diesen Zeichnungen ist zu sagen, daß alle von S. Zierner stammen. Andere Beobachter haben ähnliches

Abb. 4: Positionsänderung des GRF 1975 Juni bis 1976 Februar.



beobachtet, jedoch werden Details von jedem Beobachter anders dargestellt, so daß hier weitere Zeichnungen anderer Beobachter nur verwirren würden. Beim Betrachten der Serie muß beachtet werden, daß die Zeichnungen auf Grund des verwendeten Gerätes spiegelverkehrt sind!

Die Abbildungen 3a–d zeigen die Situation bis Mitte September. Interessant sind besonders die Abströmungen und Brücken. Fraglich ist, ob dies reale Erscheinungen sind, oder ob es Kontraststörungen ähnlich den Marskanälen sind. Am 22. 9. hat sich das WOS-Objekt DE dem GRF bereits sehr stark genähert. Etwa von hier an kann man die gegenseitige Beeinflussung beider Objekte annehmen. Beim genauen Betrachten von Abb. 4 fällt auf, daß tatsächlich um den 30. 10. eine starke Positionsänderung des GRF gegenüber der mittleren Bewegungskurve stattfand.

In der Zeit vom 18. 10. – 26. 10. wechselte eine dunkle Materiansammlung in der StrZ von dem Gebiet westlich des Flecks in das Gebiet östlich vom GRF. Anfang November war der Höhepunkt der Annäherung GRF/WOS DE erreicht. Der GRF war zu diesem Zeitpunkt bereits sehr blaß geworden (siehe Abb. 3g). Auch das WOS-Objekt verblaßte. Das ist gerade der umgekehrte Effekt, der von S. Ziemer und C. P. Ronschen im letzten Jahr beobachtet wurde. Daß die Positionsschätzungen des GRF nach der Konjunktion mehr streuen, wird verständlich, wenn man die Intensitätskurve und die Abb. 3 betrachtet. Am 18. 12. beispielsweise konnte man den GRF in einem Knäuel von Wolken kaum noch erkennen. Bis in den Februar hinein beruhigte sich die Lage. Überraschenderweise verschwand der GRF um den 18. 2. 76 nochmals völlig. Dieser Vorgang war jedoch nur kurzzeitig. Die mittlere Breitenposition des GRF betrug -25° , seine mittlere Breitenausdehnung 18° , seine mittlere Längenausdehnung etwa 20° .

Breitenbestimmung der Bänder

Zur Breitenbestimmung lagen für den Zeitraum 6. 7. 1975 bis 4. 3. 1976 insgesamt 929 Einzelmessungen von drei Beobachtern (J. Prell, S. Ziemer und D. Böhme) vor.

Bedingt durch die Auswertungsmethode – Ausmessen von Zeichnungen – sind diese Messungen für jeden einzelnen Beobachter mit subjektiven systematischen Fehlern behaftet. Außerdem tritt noch eine relativ große Streuung der Meßwerte eines Beobachters auf. Eine reale Verlagerung der Bänder im Beobachtungszeitraum kann daraus nicht nachgewiesen werden.

Bei der Auswertung beschränkte man sich deshalb auf das Bilden des Beobachtungszeitraummittels (Tab. 1). Auch aus der Gegenüberstellung 1974–75 können keine eindeutigen Schlußfolgerungen gezogen werden, da für 1974 nur Material eines Beobachters vorliegt.

Abb. 5: Stufe 1 $\triangle$ sehr gut sichtbar, Stufe 5 $\triangle$ unsichtbar.

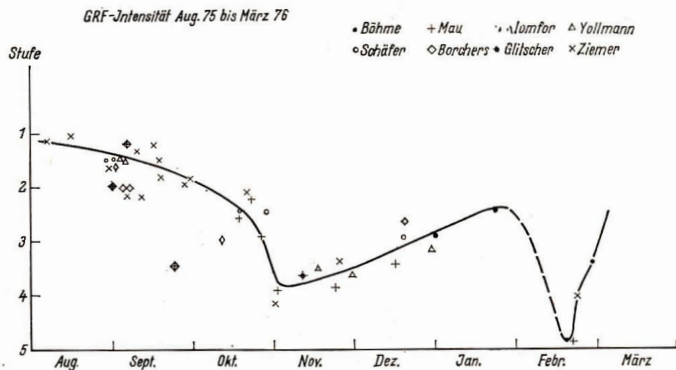


Tabelle 1: Breitenlage der Bänder

Band	1974 (Ziemer)	1975 (Böhme, Prell, Ziemer)
NPR-Südrand	31°	46°
NTB	22°	31° bis 24°
NEB	13° bis 4°	14° bis 5°
SEB	-3° bis -11°	-3° bis -14°
STeB	nicht beobachtet	-20° bis -23°
STB	-28°	-31° bis -36°
SPR-Nordrand	-34°	-46°

Schlußbemerkungen

In der vorliegenden Arbeit zeigen sich die Vorteile der kollektiven Auswertung von Beobachtungsergebnissen. Das betrifft vor allem die Quantität des Beobachtungsmaterials. Die beobachtete WOS/GRF-Konjunktion und die Vorgänge um das STeB zeigen, daß auch mittelmäßig ausgerüstete Amateure durchaus in der Lage sind, komplexe Erscheinungen auf dem Jupiter zu untersuchen.

Wir danken Herrn Renschen für das Auswerten der Positionsänderungen des GRF.

Kurzberichte

Frühjahrstagung des ZFA Astronomie

Am 7. Mai 1977 fand in Berlin die Frühjahrstagung 1977 des ZFA Astronomie statt. Wichtigste Punkte der Tagesordnung waren die Veranstaltungstätigkeit des ZFA und die Vorbereitung eines republikoffenen Wettbewerbes für Amateurastronomen.

Nach Berichten über die zurückliegenden Veranstaltungen wurde die für 1978 vorgesehene Tagung der Amateurastronomen der DDR beraten. Sie wird zum ersten Male seit der Magdeburger Tagung vom Jahre 1974 alle Sternfreunde unseres Landes wieder zusammenführen und inhaltlich vor allem auf die Förderung der thematischen Arbeitsgruppen (vgl. AuR 1977 H. 1, S. 29) ausgerichtet sein. Die Tagung wird im Herbst 1978, voraussichtlich in Berlin, stattfinden. Eine weitere Veranstaltung, das Jugend-Sommerlager für Astronomie in Apolda, erwartet bereits im August 1977 ihre etwa 25 Teilnehmer. Hier stehen Beobachtung und Instrumentenkunde im Vordergrund.

Mit dem Fernziel einer Teilnahme an internationalen Wettbewerben plant der ZFA Astronomie die Ausschreibung eines astronomischen Wettbewerbs. Eine Arbeitsgruppe wird sich mit der Zusammenstellung der Aufgaben befassen; der Wettbewerb soll sowohl Beobachtern als auch Theoretikern unter den Amateurastronomen Gelegenheit geben, ihr Wissen und Können unter Beweis zu stellen.

Li.

Flare-Sterne der Sonnenumgebung

Flare-Sterne sind schon seit mehreren Jahren bekannt. Sie sind in den großen Komplex der veränderlichen Sterne einzuordnen. Ihr Lichtwechsel ist sehr unregelmäßig und die Helligkeitsausbrüche sind nicht vorherzusagen. Der Helligkeitsanstieg beträgt oft viele Größenklassen. Er verläuft

sehr schnell und schon nach wenigen Minuten erreicht ein Flare-Stern aus seiner Normalhelligkeit sein Strahlungsmaximum. Auch das Abklingen auf die Normalhelligkeit dauert meist nur 30 bis 60 Minuten.

Um möglichst viele physikalische Daten über die Flare-Sterne zu erhalten und die Ursachen der Erscheinung von Seiten der Theorie vollkommen klären zu können, ist ein umfangreiches Beobachtungsmaterial notwendig, d. h. alle bekannten Flare-Sterne müssen von möglichst vielen Beobachtern ständig überwacht werden, um alle Helligkeitsveränderungen zu erfassen.

Wichtige Beobachtungsdaten, die auch mit amateurastronomischen Mitteln erhalten werden können, sind z. B.:

- Zeitpunkt der Helligkeitsausbrüche
- Dauer der Helligkeitsausbrüche
- Differenz zwischen der Normalhelligkeit und der Maximalhelligkeit
- mögliche Unterschiede der Helligkeitsamplituden in verschiedenen Wellenlängenbereichen (z. B. UVB-System).

Natürlich sind noch weitere physikalische Daten von Interesse, wie z. B. das besondere spektrale Verhalten während eines Flares. Die Beobachtung des Spektrums verlangt aber schon größere technische Mittel.

Björn Ragnvald Pettersen vom Institut für theoretische Astrophysik in Blindern-Oslo hat einen Katalog von 68 Flare-Sternen in der Sonnenumgebung herausgebracht. Aus diesem Katalog sind für Flare-Sterne mit mehr als -20° Deklination und eine Normalhelligkeit von mindestens 12 Größenklassen die Koordinaten, die scheinbare Helligkeit in U, B und V, der Spektraltyp und die Entfernung in folgender Liste mitgeteilt.

Die Überwachung dieser Objekte und die Meldung von beobachteten Helligkeitsausbrüchen ist eine wichtige Aufgabe zur Klärung der Flare-Sternphänomene, an der sich auch Amateurastronomen beteiligen können.

Dr. S. MARX

Flare-Liste

Objekt	Rektaszension Äquinoktium 1950	Deklination	Helligkeit U	B	V	Spektraltyp	Entfernung in Licht- jahren
BD +43° 44 A	00 ^h 15 ^m 5	43° 44,4	10,09	9,64	8,09	dM2,5	12
BD +43° 44 B	00 ^h 15 ^m 5	43° 44,7	14,24	12,85	11,07	dM4,5 e	12
BD +66° 34	00 ^h 29 ^m 3	66° 57,8	12,99	11,83	10,32	dM2,5	33
FF And	00 ^h 40 ^m 1	35° 16,4	12,91	11,83	10,38	dM1 e	69
Ross 318	00 ^h 58 ^m 8	71° 25,0	12,68	11,53	10,06	dM3,5	29
L 725-32	01 ^h 09 ^m 9	-17° 16,0			11,6	dM5,5 e	12
40 Eri C	02 ^h 41 ^m 3	25° 19,0	13,26		10,59	dM3,5	26
	04 ^h 13 ^m 1	-07° 44,1		12,84	11,16	dM4 e	16
	04 ^h 57 ^m 0	01° 42,6	12,55	11,42	10,05	dM0,5 e	48
Ross 42	05 ^h 29 ^m 5	09° 47,3	14,19	13,12	11,50	dM4 e	47
V 371 Ori	05 ^h 31 ^m 2	01° 54,8	14,00	13,01	11,45	dM2,5 e	40
Ross 614	06 ^h 26 ^m 9	-02° 46,2	13,97	12,81	11,10	dM4,5 e	13
PZ Mon	06 ^h 45 ^m 8	01° 16,6			9,5	dK2 e	
	07 ^h 06 ^m 7	38° 37,5	14,39	13,18	11,48	dM5 e	20
YY Gem	07 ^h 31 ^m 4	31° 58,8	11,72	10,65	9,21	dM1 e	48
YZ CMI	07 ^h 42 ^m 1	03° 40,8	13,79	12,84	11,24	dM4,5 e	20
AD Leo	10 ^h 16 ^m 9	20° 07,3	12,06	10,98	9,43	dM3,5 e	16
SZ UMa	11 ^h 17 ^m 5	66° 07,0	11,83	10,74	9,32	dM1,5	27
Ross 128	11 ^h 45 ^m 2	01° 06,0	14,18	12,86	11,09	dM4,5	11
Grmb 183 OB	11 ^h 50 ^m 1	38° 04,7			12,00		29
BD +13°2618	12 ^h 58 ^m 3	12° 38,7	12,35	11,23	9,79	dM1,5 e	45
VW Com	13 ^h 30 ^m 3	17° 04,2	14,17	12,92	11,39	dM3,5 e	49
BD -7°3646	13 ^h 32 ^m 1	-08° 05,1	11,57	10,52	9,34	dK5	53
BD +16°2708	14 ^h 52 ^m 1	16° 18,3	12,83	11,68	10,20	dM2 e	34
BD +55°1823	16 ^h 16 ^m 0	55° 23,8	12,52	11,43	9,97	dM1,5 e	68
V 1054 Oph	16 ^h 52 ^m 8	-08° 14,7	11,68	10,61	9,00	dM3,5 e	21
	16 ^h 52 ^m 8	-08° 14,7			9,73		21
	16 ^h 54 ^m 0	35° 25,0	11,92	11,06	10,00	dK4	
Ross 868	17 ^h 17 ^m 9	26° 32,8	14,06	12,91	11,36	dM4 e	34
BY Dra	18 ^h 32 ^m 8	51° 41,0	10,46	9,45	8,23	dM0 e	51
BD +59°1915 A	18 ^h 42 ^m 2	59° 33,3	11,54	10,44	8,90	dM4	11
BD +59°1915 B	18 ^h 42 ^m 2	59° 33,3	12,43	11,29	9,69	dM4	11
	18 ^h 53 ^m 1	08° 20,3		11,82	10,09	dM3 e	35
	20 ^h 58 ^m 2	39° 52,7	12,71	11,62	10,12	dM3 e	43
DO Cep	22 ^h 26 ^m 2	57° 26,8	12,52	11,25	9,60	dM4,5 e	13
L 717-22	22 ^h 36 ^m 0	-20° 52,8	14,22	13,09	11,46	dM3 e	30
EV Lac	22 ^h 44 ^m 7	44° 04,6	12,90	11,80	10,20	dM4,5 e	16
GT Peg	22 ^h 49 ^m 5	31° 29,4	14,22	13,17	11,66	dM3,5 e	74
EG Peg	23 ^h 29 ^m 3	19° 39,7	12,67	11,63	9,89	dM4 e	21

Kleiner Planet „Adonis“ wiedergefunden!

In „The Messenger“ No. 9 vom Juni 1977 der Europäischen Südsternwarte wird mitgeteilt, daß es gelungen ist, den kleinen Planeten „Adonis“ wiederzufinden. Dieses Objekt war 1936 von E.J. Delporte vom Uccle Observatory in Belgien als ein kleiner Planet ungewöhnlich schneller Bewegung entdeckt worden. Später wurde er nicht wieder beobachtet.

B. Marsden begann nun mit den wenigen Beobachtungen aus dem Jahre 1936 die wahrscheinliche Position des kleinen Planeten Adonis für 1977 zu berechnen. Er berücksichtigte dabei die Gravitationsstörungen aller neun großen Planeten. Über einen so langen Zeitraum von 40 Jahren summieren sich die Fehler natürlich erheblich, und es war fraglich, ob der Versuch von Erfolg gekrönt sein würde. Die Unsicherheit im Periheldurchgang betrug z. B. für 1977 +16 Tage. Aus den Rechnungen von Marsden folgte, daß Adonis, der eine Umlaufperiode von 2,5 Jahren hat, 1977 einen geringen Abstand zur Erde haben wird und demzufolge eine für seine Verhältnisse große scheinbare Helligkeit erreichen wird.

Schuster gelang es nach den Angaben von Marsden, den kleinen Planeten am 24. Februar 1977 zu fotografieren. Auch Kowal am Palomar Observatory konnte Adonis nach den Daten von Marsden wieder beobachten. Nach den neuen Beobachtungen ging der kleine Planet etwas später als erwartet durch sein Perihel. Auch die scheinbare Hellig-

keit war etwas niedriger als vorausgesagt. Sie betrug 18 Größenklassen.

Die Wiederauffindung des 1936 entdeckten kleinen Planeten Adonis nach 40 Jahren war nur durch den Einsatz der modernen Rechentechnik für die Bahnbestimmungsrechnungen möglich.

Dr. S. MARX

Die Masse des Virgo-Haufens

Seit langem ist bekannt, daß die beobachtete Masse des Virgo-Haufens, wie die Masse anderer großer Galaxienhaufen, zu klein ist, um die Mitglieder des Haufens durch die Eigengravitation zusammenzuhalten, d. h. den Haufen für immer als stabiles Gebilde existieren zu lassen.

Die Masse der einzelnen Galaxien wurde bestimmt aus Vergleichen mit anderen Galaxien gleicher Leuchtkraft, bzw. aus dem morphologischen Typ. Die Geschwindigkeiten der einzelnen Haufenmitglieder gegeneinander kann man bestimmen aus den Absorptionsstrukturen in den Spektren. Wenn man nun die Haufenmasse als Summe der Einzelmassen ansieht und im Zusammenhang mit den Geschwindigkeiten betrachtet, dann reicht die Haufenmasse nicht aus, um den Haufen gravitativ zusammenzuhalten. Wenn man annimmt, daß der Haufen trotzdem ein stabiles Gebilde ist, dann muß im Haufen noch „unsichtbare Masse“ sein. Um dieses Problem zu lösen, ist eine unabhängige Massenbestimmung für den Haufen notwendig.

Im Astrophysical Journal (Letters) vom August 1976 veröffentlicht Hartwich von der Victoria-Universität in Kanada eine solche Möglichkeit und die erhaltenen Ergebnisse. In der Nähe des Virgo-Haufens gibt es 3 kleine Galaxiengruppen, die jede für sich gravitationsstabil sind. Jede dieser 3 Gruppen konnte sich also formen und entwickeln, ohne durch die benachbarte große Masse „gezeitenzerrissen“ zu werden. Aus dieser Überlegung kann man eine obere Massengrenze für den Virgo-Haufen ableiten (Der Virgo-Haufen kann nicht massereicher sein als ...).

Wenn man die allgemeine Expansion berücksichtigt, dann waren die 3 Gruppen und der Virgo-Haufen früher näher beisammen. Wird der Bildungszeitpunkt für die 3 Gruppen vor 5×10^9 Jahre angenommen, dann muß die Masse des Virgo-Haufens kleiner sein, als zur gravitativen Selbsterhaltung notwendig ist, und zwar um den Faktor 3. Setzt man den Bildungszeitpunkt der 3 Gruppen etwa vor 10 bis 15×10^9 Jahre an (Zeitpunkt der Bildung des Milchstraßensystems), dann ist die Virgo-Haufenmasse sogar um den Faktor 5 zu klein. Die Masse des Haufens ist demnach etwa gleich der Summe der Einzelmassen, d. h. es gibt im Haufen keine „unsichtbare Masse“. Dieses Ergebnis ist für die Gesamtmasse in der überblickbaren Welt nicht unwichtig. Sollte das für den Virgo-Haufen nach dieser Methode gefundene Ergebnis für alle großen Galaxienhaufen gelten, daß in ihnen keine „unsichtbare Masse“ vorhanden ist, dann legt das die Vermutung nahe, daß die zur Zeit beobachtete Expansion der Welt nicht aufgehalten werden kann, d. h. daß die Welt offen ist, die Expansion bleibt unendlich lange erhalten.

Dr. S. MARX

Uranus mit Ringsystem?

Uranus war der erste Planet, der in der Neuzeit teleskopisch entdeckt wurde. Als sein Entdecker gilt Herschel, obwohl nachweislich auch andere Astronomen vor Herschel diesen Himmelskörper bereits registriert, aber nicht als Planeten erkannt hatten.

Die Entfernung des Uranus (im Mittel 19,2 Astronomische Einheiten von der Sonne) und seine scheinbare Helligkeit (etwa 6. Größenklasse) lassen erwarten, daß er ein gut untersuchter Himmelskörper ist. Trotzdem gab es im Zusammenhang mit dem Uranus eine unerwartete Beobachtung.

Am 10. März 1977 bedeckte der Planet den Stern SAO 158687 im Sternbild Waage. Es ist ein Stern 9. Größe. Zahlreiche Observatorien bereiteten sich auf die Beobachtung dieses Ereignisses besonders vor, am besten die Gruppe um James Elliot von der Cornell University. Als Instrument nutzte die Gruppe ein 36 inch-Teleskop mit einem hochauflösenden Fotometer, das in einem Flugzeug installiert war. Das Ziel der Beobachtungen war u. a. die genaue Bestimmung des Planetendurchmessers und die Untersuchung der Uranusatmosphäre.

Etwa 40 Minuten bevor der Stern von der Planetenscheibe abgedeckt wurde, verschwand er etwa 7 Sekunden lang. In der Folgezeit trat noch 4mal eine Abdunklung des Sternes von jeweils etwa einer Sekunde auf vor dem endgültigen

Eintritt in den Planetenschatten. Eine halbe Stunde nach der eigentlichen Sternbedeckung konnte ebenfalls wieder die mehrfache kurzzeitige Abdunklung von SAO 158687 beobachtet werden (s. Tabelle 1).

Die Beobachtung kann so interpretiert werden, daß Uranus von 5 Ringen umgeben ist. Die Ausdehnung jedes Ringes beträgt nur einige Kilometer und der Abstand zwischen ihnen 1000 bis 2000 Kilometer. Das Leuchten der Ringe ist so schwach und sie liegen so eng um den Planeten, daß eine direkte Beobachtung dieses möglichen Ringsystems unmöglich ist (s. Tabelle 2).

Dr. S. MARX

Tabelle 2

Interpretation der Beobachtungen von J. Elliot
Abstand der Ringe vom Uranus

Ring	Abstand in Kilometer
$\alpha_1 \alpha_2$	44 900
$\beta_1 \beta_2$	45 900
$\gamma_1 \gamma_2$	47 900
$\delta_1 \delta_2$	48 600
ϵ_1	52 000
ϵ_2	51 400

Beobachtungen anderer Astronomen führen auf etwas andere Abstände der Ringe.

5. Tagung des Arbeitskreises „Veränderliche Sterne“

Die bereits fünfte alljährlich stattfindende Zusammenkunft der Veränderlichenbeobachter fand am 21. Mai 1977 am traditionellen Tagungsort, der Bruno-H. Bürgel-Sternwarte Hartha statt.

Vor den etwa 20 Tagungsteilnehmern berichtete der Leiter des Arbeitskreises, Bundesfreund Busch, über die im letzten Berichtszeitraum geleistete Arbeit. Er konnte feststellen, daß trotz einer langen Schlechtwetterperiode der Umfang an Beobachtungsergebnissen gestiegen ist. Eine Zusammenstellung der Resultate der 4. Auswertung wird in den „Mitteilungen über Veränderliche Sterne“ der Sternwarte Sonneberg erscheinen. Eine Anzahl Nova Cygni-Beobachtungen wurde dem Sternberg-Institut in Moskau für die zentrale Auswertung zur Verfügung gestellt.

In der Diskussion sprach man über neue Beobachtungsprogramme, sowie über gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Zusammenarbeit der Mitglieder des Arbeitskreises untereinander. Abschließend darf festgestellt werden, daß diese fünfte Tagung jedem Beobachter die umfangreiche und dynamische Arbeit des Arbeitskreises verdeutlichte und ein jeder viele Anregungen für eigene Beobachtungen mit nach Hause nehmen konnte.

DIETMAR BÖHME

Tabelle 1

Beobachtungen von J. Elliot

Ereignis	UT	Dauer der Bedeckung	Ereignis	UT	Dauer der Bedeckung
α_1	20 ^h 20 ^m 55 ^s	1 ^s	α_2	21 ^h 45 ^m 52 ^s	1 ^s
β_1	20 ^h 19 ^m 34 ^s	1 ^s	β_2	21 ^h 47 ^m 06 ^s	1 ^s
γ_1	20 ^h 16 ^m 58 ^s	1 ^s	γ_2	21 ^h 49 ^m 45 ^s	1 ^s
δ_1	20 ^h 16 ^m 03 ^s	1 ^s	δ_2	21 ^h 50 ^m 39 ^s	1 ^s
ϵ_1	20 ^h 11 ^m 46 ^s	7 ^s	ϵ_2	21 ^h 54 ^m 06 ^s	4 ^s

Aus der Literatur

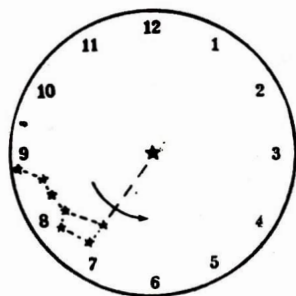


Abb. 1:
Das „Zifferblatt des Himmels“. Für die Berechnung der Zeit ist die Stellung des Großen Wagens wichtig, die am Himmel abzuschätzen ist.

Der Große Wagen als Himmelsuhr

Ähnlich wie in einem Planetarium kann man das polnahe Gebiet des Sternhimmels für die Bestimmung der Zeit verwenden. Dafür eignen sich sowohl drehscheibenähnliche Vorrichtungen als auch einfache Berechnungen. In der älteren astronomischen Literatur befinden sich Hinweise (z. B. bei O. Thomas), wie man aus der Stellung des Gr. Wagens in Verbindung mit Rechnungen die Uhrzeit (Ortszeit) verhältnismäßig einfach bestimmen kann.

In der ungarischen Zeitschrift FÖLD ES EG (5/76) stellt Dr. Guman István eine bisher nicht bekannte Methode vor, die sich von den bisherigen unterscheidet und sich durch eine schnelle und einfache Handhabung auszeichnet. Dem Beitrag liegt ein Gedanke aus dem Buch „Astronomie und unser täglich Leben“ von Gedeon Róka zugrunde.

Ein Zifferblatt von 12 oder 24 Stunden um den Polarstern ergibt noch keine Möglichkeit, die Uhrzeit unmittelbar abzulesen zu können. In das Verfahren muß die jahreszeitliche Stellung der polnahen Sternbilder eingearbeitet werden, d. h. bei der Berechnung muß der betr. Monat berücksichtigt werden.

Wir stellen uns um den Himmelspol ein Zifferblatt mit einer Einteilung von 1 bis 12 vor, wie wir es von unseren Uhren kennen. Der Zeiger unserer Himmelsuhr sind die beiden „hinteren Kastensterne“ des Gr. Wagens, die Sterne α und β UMa. Im Gegensatz zu den Zeigern einer Uhr bewegt sich der „Himmelszeiger“ stets rückwärts – verständlich, denn der Gr. Wagen besitzt keinen Vorwärtsgang. In 24 Stunden wird das Zifferblatt einmal vom Zeiger durchwandert, jedoch nach den Regeln der Sternzeit, so daß ein tägliches Vorgehen von 4 Minuten eintritt.

Aus der Rektaszension der beiden Sterne und der Sternzeit am 21. 3. ergibt sich eine Konstante, die 54 beträgt. Diese Zahl müssen wir uns merken, wenn wir die Rechnungen durchführen. Davon werden 2 Beträge subtrahiert:

Das Doppelte der Zeit, das der Sternzeiger darstellt und das Doppelte des Monatsbetrages. Der Rest gibt die Uhrzeit an.

Beispiele:

Am 1. 4. hat der Sternzeiger die Stellung 12 (Zenitnähe):

$$54 - 24 - 8 = 22 \text{ Uhr}$$

Am 15. 10. hat der Sternzeiger die Stellung 7:

$$54 - 14 - 20 = 20 \text{ Uhr}$$

Ist das Ergebnis größer als 24, so sind davon 24 zu subtrahieren. Das Ablesen der Sternzeigerstellung ist bei 3, 6, 9 und 12 am leichtesten.

Die bei diesen Beispielen genannten Monatskennziffern beziehen sich jeweils auf die erste Monatshälfte. Bei der zweiten Monatshälfte ist der Betrag von 0,5 hinzuzuzählen, im Mai also 5,5. Dieser Betrag ist für die Monatskennziffer zu verdoppeln, d. s. 11. Eine weitere Verfeinerung des Rechenverfahrens auf eine Genauigkeit von Viertelstunden wäre noch möglich, ist aber nicht sinnvoll.

Für die Freunde der praktischen Astronomie, für Touristen und nächtliche Wanderer bedeutet dieses einfache und schnelle Rechenverfahren eine große Hilfe zur Bestimmung der Zeit.

A. ZENKERT

Die Übersetzung des ungarischen Textes besorgte Anika Metschies

Die Bahn des Neptunmondes Nereide

Der 2. Mond des Neptun wurde 1949 von Kuiper entdeckt, der erste Mond Triton dagegen bereits 1846 von Lassell – also kurz nach dem Auffinden des Planeten Neptun. Die Bahn von Nereide war bisher nicht genau bekannt. Aus 44 Beobachtungen berechnete L. E. Rose neue Bahnelemente. Somit war auch eine neue Bestimmung der Neptunmasse möglich, sie beträgt 1/19488stel der Sonnenmasse oder das 17,1227fache der Erdmasse.

Länge des Perineptunäum 260,377° – Länge des aufsteigenden Knotens 353,794° – Bahnneigung 27,638° – mittlere tägliche Bewegung 0,9997206° – große Bahnhalbachse 0,0368413 AE – Exzentrizität 0,74825.

Nach „Říše Hvězd“ 1/77

Sowjetische Tektite

Die bisher bekannten Fundstätten liegen in Böhmen und Mähren (Vitavine, Moldavite), in Australien (Australite), in Südostasien (Indochinite), in Indonesien (Javanite), auf den Philippinen (Philippinite), an der Elfenbeinküste (Ivorite) sowie in den USA. Nach Mitteilung von P. V. Florenskij in der Zeitschrift PRIRODA, wurde i. J. 1964 eine umfangreiche Fundstätte von Tektiten entdeckt. Es handelt sich um zwei Gebiete auf einer Fläche von 2 km² etwa 200 km nördlich des Aral-Sees im Wüstengebiet der Kasachischen SSR. Die Tektite besitzen eine rote Färbung von mehr oder weniger tropfenähnlichem Aussehen und einer Größe von 0,2 bis 3 cm. Ihre Gesamtzahl wird auf etwa 1 Milliarde geschätzt. Da sich der Fundort in der Nähe des Flusses Irgis befindet, erhielten die Tektite die Bezeichnung Irgisite.

J. B.

Nach „Říše Hvězd“ 2/77

Auch Algol ist eine Röntgenquelle

Die Geräte des Röntgen-Satelliten SAS-3 registrierten eine Energie von 10^{-17} J cm⁻²s⁻¹, was bei einer Entfernung von 30 pc des Algol einer Energieabstrahlung von 10^{34} J s⁻¹ entspricht. Algol ist der Prototyp eines Bedeckungsveränderlichen. Seine scheinbare Helligkeit liegt zwischen 2,13^m und 3,40^m mit einer Periode von 2,86739 Tagen. Es handelt sich um eine Röntgenquelle neuen Typus, um die erste zweiteilige Quelle ohne dichtgepackte Materie (weiße Zwerge, Neutronensterne oder schwarze Löcher). Die Röntgenstrahlung entsteht in heißen Flecken auf der Oberfläche der Komponente Algol A (Spektrum B 8 V) und bewirkt einen abfließenden Materiestrom, der zur Komponente Algol B (G 8 III) hinüberfließt. Die Röntgenstrahlung ist hierbei fünfmal geringer als z. B. bei weißen Zwergen, Neutronensternen, jedoch dreimal größer als bei der Sonne. Mit der Weiterentwicklung der Instrumente sind noch Entdeckungen anderer Röntgenquellen dieses Typus zu erwarten.

R. H.

Nach „Říše Hvězd“ 4/77

Ein astronomischer Wettbewerb

Die Französische Astronomische Gesellschaft hatte aus Anlaß des 50jährigen Todestages von C. Flammarion i. J. 1975 für die Schüler der Mittelschulen und die Klubs Junger Astronomen einen Wettbewerb mit dem Thema ausgeschrieben: Die Reise zum Jupiter. Ziel war es, das Interesse der Schüler an der Astronomie zu ermitteln und zu unterstützen. Die Jury konnte mit Zufriedenheit einen beachtenswerten Erfolg beim Wettbewerb feststellen, an dem sämtliche Klassenstufen oder Jugendzirkel teilnahmen. Einige Arbeiten wurden mit Buchpremierten ausgezeichnet, vier Arbeiten erhielten Preise von je 500 Francs. Die Zirkel und Gruppen hatten ihre Berater, in der Hauptsache Mittelschullehrer. Die Wettbewerbsteilnehmer führten Analysen der Themen durch, bereiteten eine Dokumentation vor und teilten sich das Studium in astronomische und astronautische Gruppen ein, einschließlich der Fragen auf den Gebieten der Technik, Biologie und Physiologie. Eingehende Diskussionen führten zu zahlreichen Erkenntnissen für alle teilnehmenden Schüler. Die bearbeiteten Themen haben das Vermögen eines einzelnen Wettbewerbsteilnehmers beträchtlich überfordert, dies führte jedoch zu einer zielstrebigsten kollektiven Zusammenarbeit.

O. Oburka

Nach „Říše Hvězd“ 3/77

Neben RATAN 600 ein weiteres Großteleskop

Der Kaukasus ist in letzter Zeit zu einem astronomischen Begriff geworden. Zu dem 6 m Spiegelteleskop in Selentschukskaja gesellte sich zunächst das im Durchmesser 600 m große Radioteleskop RATAN 600.

Zur Zeit wird ein weiteres großes Teleskop, ein sogenanntes Neutrino-Teleskop gebaut. Seine Errichtung wird an den Nordhängen des Kaukasus vollzogen. Die Apparatur dieses solaren Neutron-Teleskops wird in einem künstlich errichteten Tunnel untergebracht sein. Dieser Tunnel wird aus dem Tal des Flusses Baksan tief unter ein 10 km vom Elbrus entferntes Bergmassiv getrieben.

Das Neutrino-Teleskop besteht aus acht einzelnen Teilen, von denen vier horizontal und vier vertikal angeordnet sind. Jedes Teil bildet einzelne Würfelbehälter mit einem Fassungsvermögen von 150 l flüssigem Szintillationsstoff. Ein einzelnes Teil des Gerätes nimmt eine Fläche von 2000 m² ein. Die sowjetischen Wissenschaftler haben, im Unterschied zu den, mit Tetrachloräthylen gefüllten Behältern des ähnlichen Gerätes in Süd-Dakota, USA, zur Füllung der Behälter Benzin benutzt.

Die künstliche Höhle, die durch eine 2 km dicke Steinwand abgeschirmt ist, wurde durch Beton verfestigt. Dem Beton wurde Dunit-Schotter aus dem Ural beigefügt. Dunit ist ein tiefliegendes Gestein, welches aus Olivin und anderen Mineralen besteht. Dunit-Schotter ist weniger radioaktiv als andere, dem Beton beigefügte Materialien.

M. SCHMÖGNER

Nach: Vesmír, Nr. 4/77

Astronomische Sehenswürdigkeiten in Prag

Die älteste Zeit

Prag war von jeher das wichtigste Zentrum der Verwaltung und Wirtschaft sowie ein bedeutender kultureller Mittelpunkt des Königreiches Böhmen. Angaben über verschiedene astronomische Ereignisse und Vorstellungen sind bereits in der ersten, vom Dekan des Prager Domkapitels, KOSMAS, in Latein verfaßten böhmischen Chronik zu finden.

Im sogenannten Wschehrader Codex aus dem Jahre 1085 sind die damaligen Vorstellungen über das Weltall in Bildern enthalten. Aus dem Eigentum der königlichen Familie stammt der erste böhmische Sternatlas von Wenzel (Václav) IV. Eine Kopie aus dem 16. Jahrhundert befindet sich heute in der Gedenkstätte des Nationalen Schrifttums im Kloster Strahov.

Im Jahre 1348 wurde unter Karl IV. die Prager Universität gegründet. Astronomie war ein Bestandteil der wissenschaftlichen Ausbildung im Mittelalter und wurde auf der Philosophischen Fakultät gelehrt. Aus dieser Zeit stammen zahlreiche astronomische Handschriften, die sich in der Staatlichen Bibliothek der CSSR befinden. Die ersten Lehrer für Astronomie waren Meister Havel, Christian aus Prachatic, Johann Schindel und andere, die bei ihren Vorlesungen vom Almagest des Ptolemäus ausgingen.

In das Jahr 1493 fällt die Herausgabe des ersten tschechisch verfaßten Druckes eines astronomisch-astrologischen Buches, das für die breite Öffentlichkeit bestimmt war und als der Anfang der Popularisierung der Astronomie betrachtet werden kann.

Die astronomische Uhr am Altstädter Rathaus (Orloj)

Die historischen Quellen berichten, daß die Uhr vom Uhrmachermeister Mikuláš aus Kadaň i. J. 1410 begonnen und vom Meister Hájek (Ján Růžek) i. J. 1490 vollendet worden sei.

Den Hauptteil der Uhr bildet die astronomische Sphäre, für deren Anlage die Kenntnisse des Uhrmachermeisters nicht ausreichend haben dürften. Es wird daher vermutet, daß Johann Schindel von der Prager Universität beratend zur Seite gestanden hat.

Zur astronomischen Sphäre fügte Ján Růžek das Kalender-Zifferblatt, und vollendete das Uhrwerk mit einigen Figuren. Die Apostel kamen erst im 17. Jahrhundert als schmückendes Beiwerk dazu. Das heutige Aussehen stammt vom Bildhauer Vojtěch Sucharda.

Eine umfangreiche Renovierung fand 1866 statt. Aus dieser Zeit stammt auch die unter der Uhr befindliche große Kalenderscheibe von Josef Manes, die Szenen aus dem heimatischen bauerlichen Landleben darstellt. Während der Mahrevolution, 1945 kurz vor Ende des Krieges, wurde die Uhr schwer beschädigt. Nazistische Fanatiker beschossen sie mit Panzern. Mit der Wiederinbetriebnahme der Uhr i. J. 1948 begann eine neue Zeit.

Für den Betrachter dieser historischen Uhr ist es nicht immer leicht, die Funktionen der einzelnen Scheiben, Kreise und Einteilungen zu erkennen. Mit Hilfe der beiliegenden Zeichnung sollen die Bestandteile der äußeren Uhr sowie die Funktionen der einzelnen Teile erläutert werden:

A) feststehendes Zifferblatt für MEZ. Die vergoldete römische Ziffer XII unten bedeutet Mitternacht. Die Morgenstunden befinden sich links, die römische Ziffer XII oben bedeutet Mittag, rechts befinden sich die Nachmittagsstunden. Dieses Zifferblatt dient zum Ablesen der Sternzeit (siehe D).

B) Beweglicher Zeiger mit einer vergoldeten Hand, die die jeweilige MEZ anzeigt (in unserem Beispiel ist es etwa 13 Uhr 15 Min. MEZ). Einen Minutenzeiger hat die Uhr niemals besessen. Die Hand umläuft das Zifferblatt einmal während eines Sonnentages.

C) Bewegliches Zifferblatt für die altböhmische Zeit mit vergoldeten gotischen Ziffern von 1–24. Die altböhmischen Stunden zählten von Sonnenuntergang, und die Schläge der Uhr waren ursprünglich darauf eingerichtet (erst seit 1912 schlägt die Uhr nach MEZ). Die altböhmische Zeit wird gleichzeitig von der vergoldeten Hand B angezeigt. Das Zifferblatt bewegt sich im Verlauf eines jeden Jahres ganz langsam so, daß die gotische Ziffer 24 von der römischen Ziffer IV (zur Winter-sonnenwende geht die Sonne in Prag um 16 Uhr unter) sich zur römischen Ziffer VIII bewegt (zur Sommersonnenwende geht die Sonne um 20 Uhr unter).

D) Zeiger mit einem Stern, gibt auf dem Zifferblatt A die Sternzeit an (in unserem Beispiel ist es 9 Uhr 45 Min. Sternzeit). Der Zeiger D ist mit dem Ring E verbunden.

E) Beweglicher Ring der Ekliptik mit den Zeichen des Tierkreises. Der Ring dreht sich um die Achse des Zifferblattes einmal während eines Sterntages, das ist die Zeit, in der sich die Erde einmal um ihre Achse dreht.

F) Vergoldete Sonne, die drehbar mit dem Mittelpunkt der Ekliptik verbunden ist und gleichzeitig den Zeiger B mitnimmt. Die Sonne am Zifferblatt der Uhr läuft um den Mittelpunkt der Ekliptik und rückt dabei täglich um rund 1 Grad auf der Ekliptik weiter, so wie es auch bei der Sonne am Himmel der Fall ist. In unserem Beispiel befindet sich die Sonne am Beginn des Tierkreiszeichens Wassermann, was dem 20. Januar entspricht.

G) Der Mond wird durch eine Kugel dargestellt, die zur Hälfte vergoldet und zur anderen Hälfte schwarz ist. Der Mond umläuft die Ekliptik in 27,3 Tagen und zeigt dabei verschiedene Phasen. Der Betrachter sieht die jeweilige Lichtgestalt, die durch einen Bewegungsmechanismus im Inneren der Kugel erzeugt wird.

H) Auf dem feststehenden Zifferblatt befindet sich in der Mitte eine Darstellung der Erde – die Mitte des Weltalls nach dem geozentrischen System. Der farbige Kreisring auf dem restlichen flachen Zifferblatt stellt den Teil des Himmels dar, wo sich Sonne und Mond bewegen. Es ist dies der Abschnitt am Himmel zwischen dem Wendekreis des Krebses M und dem Wendekreis des Steinbocks O.

J) ORTUS = Aufgang (Osthorizont). Darüber ist der Taghimmel blau, darunter die Morgenröte (Aurora) braun eingetragen.

K) OCCASUS = Untergang (Westhorizont). Darunter befindet sich der Dämmerungsabschnitt (Crepusculum).

L) Die dunkle Fläche zeigt die Nacht an. Auf dem Strich ORTUS geht die Sonne auf, bewegt sich über den Horizont über die blaue Fläche und steht zu Mittag am höchsten. Danach neigt sich die Sonne in Richtung Westen und geht auf dem Strich OCCASUS unter. Es folgt dann die Dämmerung und anschließend die dunkle Nacht. Nach der Nacht beginnt die Morgenröte und der neue Tag.

M) Wendekreis des Krebses.

N) Himmelsäquator.

O) Wendekreis des Steinbocks.

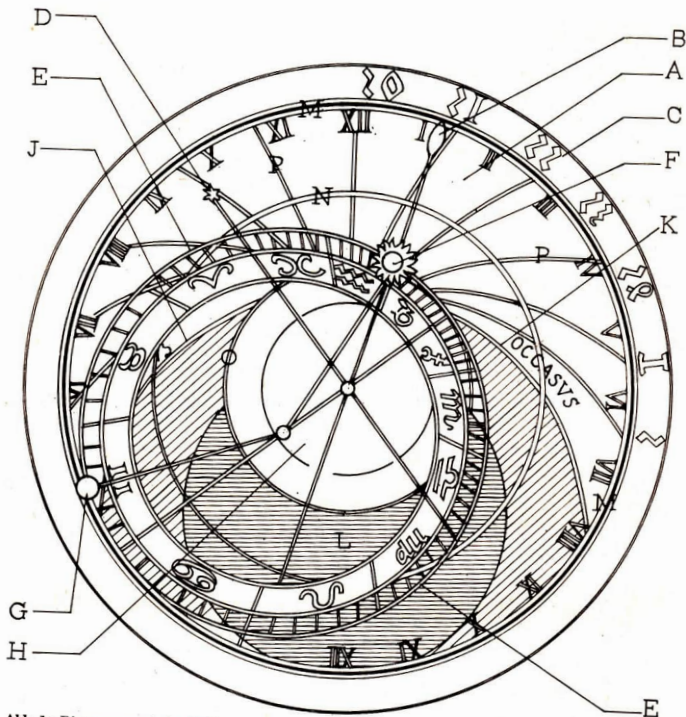


Abb. 1: Die astronomische Sphäre der Altstadt Turmuhr. Sie zeigt die Zeit, die Lage von Sonne und Mond über dem Prager Horizont und auf der Ekliptik, die Mondphasen sowie weitere astronomische Daten an. Die obige Skizze enthält nur 7 gotische Ziffern in Auswahl.

P) Auf dem blauen Kreisbogen befinden sich die schwarzen arabischen Ziffern, die den Tag in die 12 sogenannten Planetenstunden einteilen. Diese Planetenstunden waren für die Aufstellung der Horoskope von Wichtigkeit.

Das goldene Zeitalter der Astronomie

Das 16. Jahrhundert sowie das beginnende 17. Jahrhundert ist in die Geschichte der Astronomie der Stadt Prag mit goldenen Lettern eingetragen worden. Bereits 40 Jahre vor seinem Hauptwerk „De revolutionibus ...“ teilte Copernicus im „Kleinen Kommentar“ seine Gedanken zum neuen Weltbild der gelehrten Welt mit. Von allen Abschriften sind nur drei erhalten geblieben, die in Prag hergestellt worden sind – vermutlich im Hause des Simon Hájek. Sein Sohn Thadeus, Hofarzt Rudolf II., Mathematiker, Botaniker und Astronom, lernte 1575 Tycho Brahe kennen und ersuchte später den Kaiser, ihm Asyl zu gewähren. Brahe kam 1598 nach Prag, er war damals bereits ein weltbekannter Astronom. Er beobachtete in Prag auf dem Pohofelec (unweit des Klosters Strahov) und nach einem heftigen Streit mit den Kapuzinern, die Beivedere. Kepler, ein ausgezeichnete Mathematiker, wertete das umfangreiche Beobachtungsmaterial mit den exakten Marsbeobachtungen aus und fand die Planetengesetze. Erinnern wir uns auch, daß in Prag 1604 Kepler das Buch über die Optik und 1611 sein Werk „Dioptrice“, in dem die optischen Grundlagen des Refraktors dargelegt wurden, veröffentlicht hat. Nach dem Tode Brahens i. J. 1601 wurde Kepler dessen Nachfolger. Sein reifstes Werk, die „Astronomia nova“ erschien 1609 ebenfalls in Prag.

Kepler lebte in Emaus, im Universitäts-Kollegium am Obstmart (Ocoeni trh), beim Rektor Martin Bacháček aus Neu-
mähr und am längsten in der Karlsburg (Karlova) in der Altstadt. Ende des 16. und Anfang des 17. Jahrhunderts lebten
in Prag zwei bedeutende Künstler auf mechanischem Gebiet: Erasmus Habermel und Jost Bürgi, letzterer ein bekannter
Mathematiker, der vor Napier die Logarithmen erfand (1603/11) und sich mit trigonometrischen Rechnungen beschäftigte.
1620 erschien in Prag sein Werk „Arithmetische und geometrische Progreßtabuln“. In den Werkstätten Habermels und
Bürgis entstanden zahlreiche kunstvolle Instrumente.
Der Zeitgenosse und Freund Brahes, Tadeus Hájek von Hájek (1525–1600), gehört zu den bedeutendsten Astronomen
jener Zeit. Er befaßte sich mit der Beobachtung von Kometen und Meridianmessungen und gab eine Reihe von Büchern
heraus. Mit Tycho Brahe führte er 1577 eine gemeinsame Kometenbeobachtung zur gleichen Zeit, aber von verschiedenen
Orten aus durch. Sie gelangten daraufhin zum Erkenntnis, daß ein Komet weiter als der Mond entfernt sein müsse.
Zum Freundeskreis Tycho Brahes gehörte auch der Arzt und Universitätsprofessor Jesenius, der am Grabe Brahes die
Rede hielt und der nach der Schlacht am Weißen Berge hingerichtet wurde.

Das Klementinum

Das Klementinum gehört zu den größten Bauten des historischen Prag, es war der Sitz der Jesuiten-Universität, die als
Gegengewicht zur Karls-Universität gegründet worden war. Die Astronomie wurde nach dem geozentrischen System ge-
lehrt. 1722 wurde die Sternwarte auf dem Turm des Klementinums errichtet. Aus dieser Zeit sind verschiedene astronomische
Geräte erhalten geblieben – Winkelmeßgeräte, Fernrohre, astronomische Uhren und kunstvolle Himmelsgloben.
Nach der Auflösung des Jesuitenordens i. J. 1773 erhielt die Sternwarte den Charakter einer staatlichen Einrichtung.
Die meteorologischen Beobachtungen, die seinerzeit von den Astronomen durchgeführt worden sind, bilden die längste
zusammenhängende Beobachtungsreihe in Mitteleuropa und besitzen bis heute wissenschaftliche Bedeutung. Zu den be-
deutendsten Mitarbeitern der Sternwarte im Klementinum im 18. und in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts gehörten
Antonín Strnad und Martin David.

Von den berühmten Fachleuten, die entscheidend zur Entwicklung der Astronomie beigetragen haben, ist Christian Doppler
zu erwähnen, nach dem das bekannte physikalische Gesetz benannt worden ist. Doppler lehrte in den 30er Jahren des
19. Jahrhunderts am Prager Polytechnikum, das sich damals in der Husgasse (Husova) befand. Die Räumlichkeiten wer-
den bis heute von der Tschechischen Höheren Technischen Lehranstalt benutzt.

In den Jahren 1910 und 1911 lehrte Albert Einstein als Professor an der Deutschen Universität in Prag. Er wohnte damals
im Ortsteil Smíchov čp. 1215 in der Lesnická ulice 7.

Die Geschichte der Sternwarte im Klementinum läßt sich bis zur Entstehung der Tschechoslowakei i. J. 1918 verfolgen.
Von hier wurde der „Mittagsschuß“ abgegeben, ein ganz einfacher Zeitdienst, der auf dem Schwenken einer Fahne auf
dem Turm beruhte, wonach auf den Festungswällen der Letna aus einer Kanone ein Schuß erfolgte. In den Räumen der
Sternwarte trafen sich auch die Amateurastronomen, die 1917 die Tschechische Astronomische Gesellschaft gründeten.
Der Turm des Klementinums verlor in dieser Zeit seine Bedeutung für astronomische Beobachtungen. Damals arbeiteten
in Prag bereits einige kleinere staatliche und private Beobachtungsstationen.

Die moderne Astronomie

Nach 1945 war eine große Entwicklung in der Popularisierung der Astronomie zu verzeichnen. Während 1945 nur 4 Stern-
warten tätig waren, wurden 1971 bereits 47 gezählt. Die wichtigste Rolle in dieser Entwicklung fällt dem Astronomischen
Institut der Akademie der Wissenschaften der ČSSR zu. Der Hauptarbeitsplatz befindet sich in Ondřejov bei Prag. Das
größte Instrument ist heute ein 2-m-Spiegelteleskop vom VEB Carl Zeiss Jena, das aus Anlaß der XIII. Internationalen
Tagung der IAU in Prag i. J. 1967 in Betrieb genommen wurde. Die Mitarbeiter der Abteilung Stellarastronomie widmen
sich vorwiegend der Erforschung von Spektren besonderer Sterntypen.

Die Abteilung zur Erforschung der Sonne führt Untersuchungen der Sonnenperiodizität, der Feinstrukturen der Sonnen-
flecken, der magnetischen Pole der Sonne sowie anderer Probleme der Sonnenphysik durch. Auch die Abteilung zur Er-
forschung der interplanetaren Materie hat eine Reihe von Ergebnissen zu verzeichnen.

So konnte 1959 erstmals ein Meteor fotografiert werden, von dem später mehrere Meteorite in der Nähe der Gemeinde
Luha im Kreis Příbram gefunden wurden. Dank des Beobachternetzes des Observatoriums war es möglich, die Bahn des
Körpers im Sonnensystem vor dem Eindringen in die Erdatmosphäre zu bestimmen. Die Meteorite befinden sich jetzt
im Nationalmuseum am Wenzelsplatz. In diesem Museum befinden sich zahlreiche Meteorite aus dem In- und Ausland.
Dort gibt es auch eine umfangreiche Sammlung von Moldavit (Tektiten).

In der Mathem.-Physikal. Fakultät der Karls-Universität (Švedská ulice in Smíchov) werden im Lehrstuhl Astronomie und
Astrophysik junge Astronomen und Pädagogen ausgebildet. In der Fakultät für Bauwesen der Höheren Tschechischen
Lehranstalt hören die künftigen Geodäten Astronomie und Grundlagen der Geophysik. Auf wissenschaftliche astronomische
Arbeiten spezialisierte sich das Geophysikalische Institut der Akademie der Wissenschaften der ČSSR in Spofilov.

Der Zeitdienst des Prager Astronomischen Instituts der AdW der ČSSR befindet sich in der Budečská ulice im Stadtteil
Vinohrady (Weinberge).

Die Sternwarte der Hauptstadt Prag

Im Jahr 1928 wurde auf dem Petřín die Sternwarte der Bevölkerung übergeben. Sie war damals noch eine der wenigen
Volkssternwarten in Europa. Seitdem haben mehr als 1 Mill. Besucher den Weg zu dieser Einrichtung gefunden. Außer
der Popularisierung dient diese Sternwarte auch der fachlichen Ausbildung für die Mitglieder der Astronomischen Gesell-
schaft sowie für die Mitarbeiter der Sternwarte.

Die Hauptaufgabe der Sternwarte ist die Verbreitung astronomischen Wissensgutes, also eine kulturpolitische Aufgabe.
Die meisten Besucher kommen zu praktischen Fernrohrbeobachtungen. Besondere Aufmerksamkeit wird den Vorträgen
und Spezialkursen in der Astronomie, Astronautik, Mathematik und Physik gewidmet. Die Mitglieder der Lehrgänge und
Zirkel haben kostenlos Zutritt und die Möglichkeit der individuellen Amateur- und fachastronomischen Beobachtung.
Den Mitarbeitern der Sternwarte obliegt auch die Anleitung der Volkssternwarten im Lande. Zur Sternwarte der Haupt-
stadt Prag gehören die Gebäude auf dem Petřín, in Dáblice und auf dem Klei bei Český Krumlov (1100 n. N.), die mit
Teleskopen von 20, 30, 40 und 60 cm Durchmesser ausgestattet sind und über eine Reihe Möglichkeiten für die populäre
und fachliche Arbeit verfügen.

Nach einer umfangreichen Rekonstruktion und Erweiterung der Einrichtungen steht die Sternwarte, die sich unweit des
„Prager Eiffelturmes“ befindet, den Freunden der Astronomie wieder zur Verfügung.

Das Planetarium

Auf dem Gelände des Kulturparks „Julius Fučík“ befindet sich seit 1960 das Gebäude mit der grünen Kuppel, die von einer vergoldeten Erdkugel geschmückt wird. Bereits vor dem Krieg bestand der Plan eines Planetariums für Prag. Jedoch erst zu Beginn der 50er Jahre nahmen die Pläne eine konkrete Gestalt an. Das Gebäude wurde von Prof. J. Prager projektiert; das Planetariumsgerät stammt vom VEB Carl Zeiss Jena. Am 20. November 1960 wurde das Prager Planetarium eröffnet. Der ursprüngliche Plan, das Planetarium auf dem Petřín bei der Sternwarte aufzubauen, wurde später aufgegeben. Das Prager Groß-Planetarium ist eine selbständige Einrichtung; der Kuppeldurchmesser beträgt 23,5 m, die Höhe 15 m.

Im Foyer des Planetariums befindet sich eine ständige Ausstellung zur Astronomie und Raumfahrt sowie ein Groß-Tellurium, das die wirklichen und scheinbaren Bewegungen der Erde und Sonne zeigt. Der Pendelversuch nach Foucault demonstriert die Rotation der Erde. Im Untergeschoß befindet sich ein Kinosaal mit 240 Plätzen.

Von 1960 bis 1974 wurden über 3 Mill. Besucher im Planetarium gezählt, 75 % kamen aus Schulen der verschiedenen Typen – vom Kindergarten bis zur Hochschule.

A. Z.

Gekürzt nach: „Astronomické zajímavosti Prahy“

Buchbesprechungen

Sternzeiten

Im Frühjahr 1975 konnte die „Berliner Sternwarte“ in Potsdam-Babelsberg ihr 275jähriges Bestehen feiern. In diese Formulierung liegt kein Widerspruch, denn die heutige Babelsberger Sternwarte, die Bestandteil des 1969 gegründeten Zentralinstituts für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR ist, wurde 1913/14 unter der Leitung von Karl Hermann Struve von Berlin nach Babelsberg umgelagert. Die Gründe für diese Entscheidung kann man geradezu „modern“ oder „aktuell“ nennen. Die Berliner Sternwarte war bis zu diesem Zeitpunkt in der Nähe des Halleschen Turms, dem späteren Enckeplatz anässig. An diesem Platz wurde die von G. W. Leibniz 1700 gegründete Sternwarte 1835/37 auf Veranlassung von J. F. Encke neu errichtet. Es war am Rande von Berlin ein Platz mit guten astronomischen Beobachtungsbedingungen, die aber im Verlauf von 50 Jahren durch das Wachsen der Stadt Berlin und die damit verbundene Himmelsaufhellung durch künstliche Lichteinwirkung in Verbindung mit industriellem Dunst sehr schlecht wurden. Als Ausweg wurde die Verlagerung der Berliner Sternwarte nach Babelsberg gesehen. Heute hat die „Berliner Sternwarte“ das gleiche Schicksal auch in Babelsberg ereilt, denn dort sind jetzt ebenfalls schlechte Beobachtungsbedingungen aus den gleichen Gründen.

Ein 275. Geburtstag ist ein würdiger Anlaß, um einen Rückblick auf die geschichtliche Entwicklung einer Einrichtung zu tun. Die Berliner Sternwarte kann in gewissem Sinne von sich behaupten, daß sie das älteste Institut der Akademie der Wissenschaften ist, denn ihre Gründung im Frühjahr des Jahres 1700 lag einige Monate vor der Gründung der Akademie selbst. Außerdem ist diese Sternwarte die älteste astronomische Einrichtung im deutschen Sprachgebiet.

Die Hefte 6 und 7 der Reihe „Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Geo- und Kosmoswissenschaften“, die vom Direktor des Zentralinstituts für Astrophysik (ZfAP) der Akademie der Wissenschaften der DDR, Prof. Dr. J. Treder, herausgegeben werden, sind unter dem Titel „Sternzeiten“ der 275jährigen Geschichte der Sternwarte gewidmet. In diesen beiden Bänden sind Vorträge zusammengefaßt, die anlässlich eines Astronomie-historischen Kolloquiums des ZfAP im September 1975 gehalten wurden. Es sprachen Mitarbeiter des ZfAP, des zentralen Archivs der Akademie, der Alexander-von-Humboldt-Forschungsstelle, der Archenhold-Sternwarte Berlin und des Lohmann-Institutes der TU Dresden. Sie alle betrachteten unter verschiedenen Gesichtspunkten die Bedeutung und die Entwicklung der ältesten deutschen Sternwarte, an der wichtige Beiträge zur Astronomie überhaupt geleistet wurden.

Es wird gezeigt, daß „die Geschichte der Sternwarte vor allem auch geprägt wurde durch ihre wissenschaftlichen Beziehungen zu überragenden Gelehrten, die als Mitglieder der Akademie der Wissenschaften durch ihr wissenschaftliches Wirken und ihre wissenschaftsplanende und -leitende Tätigkeit für die astronomische Forschung zielsetzend waren“, wie Prof. Dr. Treder im Vorwort sagt. Es sind insbesondere folgende Wissenschaftspersönlichkeiten zu nennen:

- Leonhard Euler und sein Programm für die Berliner Sternwarte
- Gottfried Wilhelm Leibniz als Gründer der Sternwarte
- Johann Heinrich Lamberts kosmologische Vorstellungen
- Johann Franz Encke's bedeutsame Arbeiten auf dem Gebiet der Astronomie
- Carl-Friedrich Gauß' und Alexander von Humboldt's wissenschaftliche Beziehungen zur Berliner Sternwarte
- Wilhelm Foersters Verdienste um die Wissenschaftsorganisation
- Friedrich Küstners Tätigkeit als Observator an der Sternwarte
- Karl Hermann Struves Tätigkeit im Zusammenhang mit der Verlegung der Sternwarte nach Babelsberg
- Albert Einsteins Einflußnahme auf die Arbeiten der Sternwarte.

Gerade von Albert Einstein gingen Anregungen auf die Arbeit der Astronomie aus, die erst heute voll zur Entfaltung kommen, wie Prof. Dr. Treder feststellt.

Die beiden Bände „Sternzeiten“ aus der Reihe „Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Geo- und Kosmoswissenschaften“ sind nicht nur interessant bezüglich der Entwicklung der Berliner Sternwarte, sondern sie machen ein ganzes Kapitel der Entwicklung der Astronomie deutlich. Ihre Beiträge sind deshalb für jeden, der an der Entwicklung der Astronomie interessiert ist, sehr lesenswert. Jeder sollte beim Lesen aber beachten, daß die moderne Astronomie auf den Leistungen der Vergangenheit aufbaut. Gerade dieser Zusammenhang kommt in vielen Beiträgen deutlich zum Ausdruck.

Dr. S. MARX

„Sternzeiten“, Band 6 und 7 der „Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Geo- und Kosmoswissenschaften“, Herausgeber H.-J. Treder, Akademie-Verlag Berlin 1977, Band 1 15,— M., Band 2 14,— M.

Die Bewegungen des Mondes

Das kleine, aber inhaltsreiche Heftchen gehört zur Schriftenreihe des Planetariums der Carl-Zeiss-Stiftung Jena. Diese Reihe erfreut sich seit Jahren großer Beliebtheit und das sicher nicht nur bei den Besuchern des Planetariums. Das vorliegende Heft trägt die Nummer 8, entspricht der modern konzipierten Neugestaltung der Reihe und kann an der Kasse des Planetariums erworben werden, bzw. wird Interessenten auf Wunsch von dort zugesandt.

Der Leser erhält durch Text und Abbildungen einen recht anschaulichen Überblick über die Thematik. Es werden zunächst die beobachtbaren scheinbaren Bewegungen von Sonne und Mond am Sternhimmel, dann die Bewegungen des Mondes um die Erde, die Wechselwirkungen Erde-Mond, Finsternisse, Mondlauf und Kalender und schließlich die „Bewegungen der Himmelskörper vom Mond aus betrachtet“, untersucht. Der angestrebte geringe Umfang der Abhandlungen macht diesen methodischen Aufbau sinnvoll. Die wichtigsten Zahlenangaben sind am Ende nochmals zusammengefaßt, was die Frage aufkommen läßt, ob der Autor bei seinen Erklärungen nicht etwas sparsamer damit hätte umgehen können, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Der Thematik entsprechend werden die Bewegungen des Erdmondes genau erklärt, ohne daß die Natur des Mondes untersucht wird. Das bleibt einem weiteren Heft vorbehalten. Man vermißt aber trotzdem einen Hinweis darauf, daß unser Mond zwar für uns eine Sonderstellung einnimmt, aber keineswegs der einzige Mond im Planetensystem ist. Das fällt auch deshalb auf, weil in einem gesonderten Abschnitt über „künstliche Monde“ berichtet und nur für diese der Begriff „Satellit“ verwendet wird. Es ist empfehlenswert, wenn in jedem Heft einer solchen Schriftenreihe auf genaue und einheitliche Begriffsdefinitionen geachtet wird.

Auf eine Aussage soll hingewiesen werden, die eventuell von Laien, und an diese wendet sich das Heft ja in erster Linie, falsch verstanden werden könnte: Auf Seite 7 steht, wie groß der Mond im Zenit erscheint. Es fehlt der Hinweis, daß das für unsere Breiten nur eine theoretische Überlegung ist. Wie oft begegnet man der falschen Vorstellung, daß Sonne oder Mond auf ihrer scheinbaren Bahn durch den Zenit gehen, wo Kulmination gemeint wird.

Insgesamt werden die Erwartungen, die man an das Heft stellt, voll erfüllt. Es ist ihm, wie der gesamten Schriftenreihe, weiter eine große Verbreitung zu wünschen, werden damit doch auf relativ knappem Raum astronomische Sachverhalte erklärt, kleine preiswerte Nachschlagewerke geschaffen und mit ihnen Lücken im Literaturangebot geschlossen.

• KARL RADLER

Ludwig Meier: Die Bewegungen des Mondes, Nr. 8 der Schriftenreihe des Planetariums der Carl-Zeiss-Stiftung Jena; 32 Seiten, 11 Abbildungen.

Unsere Autoren

Studienrat Edgar Otto, 728 Ellenburg, Sternwarte
Dr. D. Möhlmann, 1109 Berlin, Rudower Chaussee 5, Zentralinstitut für Solar-Terrestrische Physik der AdW
Horst Hoffmann, 112 Berlin, Lindenallee 49
Prof. Dr. M. Waldmeier, CH-8006 Zürich, Schmuelbergstr. 25
Dr. Martin Leo, 45 Dessau 6, Thälmannallee 66
Dr. Dr. W. W. Spangenberg, 256 Bad Doberan, Goethestr. 30
A. Knöfel, 110 Berlin, Kreuzstr. 17d
A. Häussler, 110 Berlin, Wollankstr. 128
Karl-Heinz Mau, 3607 Wegeleben, Moorweg 5
Manfred Schrötter, 7208 Regis-Breitlingen, Str. d. FDJ 44
Wolfgang Roloff, 3511 Birkholz, Dorfplatz 9
Manfred Koch, 6432 Oberweißbach, Sonnenberger Str. 72
Oberlehrer Heinz Albert, 963 Crimmitschau, Str. d. Jugend 8
Steffen Ziener, 8122 Radebeul, Geschw.-Scholl-Str. 6
Dr. Siegfried Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium
Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17
Karl Radler, 963 Crimmitschau, Str. d. Jugend 8
Dietmar Böhme, 4851 Nessa Nr. 11
M. Schmögner, 04425 Medzev/CSSR, Petrovova ul. 421
Dr. Klaus Lindner, 7024 Leipzig, Grunckelstr. 7

PZV 31052

EVP 1,50 M

6¹⁹⁷⁷ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Solar-Terrestrische Physik. III. Solar-Terrestrische Beziehungen · Dr. D. Möhlmann	161
Der angebliche Meteoritenkrater Wipfelsfurt im Donautal · Johannes Classen	165
Kants Auffassung von der Natur des Saturnrings · Karl-Heinrich Hintze	171
Funknotrufe über Satelliten · H. D. Naumann	174

Bildseiten

Fotos mit Schmidt-Spiegel 50 cm: NGC 1976 (M 42), NGC 6853 (M 27), NGC 869, NGC 884	
I. Rendtel, A. Wedel	I—IV

Amateure beobachten und berichten

Erfahrungen mit dem 50-cm-Schmidt-Spiegel der Sternwarte Babelsberg · I. Rendtel/A. Wedel	177
Zur Sonnenfleckentätigkeit 1976 · A. Geißhirt-Ling	178
Das Problem der Reichweite in der Astrofotografie · Wolfram Fischer	181

Junge Amateure

Die Silberkugelphotometrie und ihre Anwendung auf die Halbschattenfinsternis vom 6./7. November 1976 · Konrad Guhl	188
--	-----

Kurzberichte

IX. Bundeskongreß des Kulturbundes der Deutschen Demokratischen Republik · Dr. S. Marx	190
Dr. Paul Ahnert am 22. Oktober 1977 80 Jahre · Dr. S. Marx	191
Die Entwicklung der Amateurastronomie in der Slowakei · Ladislav Druga/M. Schmögner	191
Slowakische Amateurastronomen besuchen Potsdam – Jahrestreffen der jungen Sternfreunde der Slowakei	192
Berichtigung zu Heft 4/77	192

Aus der Literatur

Beobachtungsprogramm für das nächste Aktivitätsmaximum der Sonne · Dr. D. Möhlmann	192
Der NASA-Beitrag zu Shuttle/Spacelab-Programmen zur Sonnenphysik · Dr. D. Möhlmann	
	3. Umschlagseite

Buchbesprechung

Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten	4. Umschlagseite
---	------------------

Redaktionsschluß: 15. 9. 1977

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie. – Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Heinz Mielke (Raumfahrt), 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann, 1297 Zepernick, Heinestraße 90; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1977 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, 10117 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1400/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PUV.

Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

III. Solar-Terrestrische Beziehungen

Dr. D. MÖHLMANN

Es ist ein großer Unterschied zwischen noch etwas glauben und es wieder glauben. Noch glauben, daß der Mond auf die Pflanzen wirke, verrät Dummheit und Aberglaube, aber es wieder glauben, zeugt von Philosophie und Nachdenken.

Georg Christoph Lichtenberg

1. Einleitung

In den beiden vorhergehenden Teilen dieser Überblicksarbeit wurden die physikalischen Eigenschaften der Sonne als zentrale Energiequelle unseres Sonnensystems, und der Magnetosphäre als einem den Energiefluß teilweise regulierenden physikalisch aktiven Zwischengebiet kurz vorgestellt. Gegenstand dieses abschließenden Teiles sind Einflüsse von Sonne und Magnetosphäre auf die terrestrischen physikalischen Umweltbedingungen, eben die solar-terrestrischen Relationen. Dementsprechend werden in dieser Arbeit nicht die noch sehr spekulativen Denkansätze zu möglichen galaktischen Ursachen (Supernovae, Gas- und Staubwolken, hochenergetische kosmische Strahlung) terrestrischer Veränderungen diskutiert.

Die Ursachen solar-terrestrischer Relationen lassen sich grob trennen in terestrogene und solche, die durch Variationen der solaren Strahlung verursacht werden. Dabei können Veränderungen im Energiefluß von der Sonne sowohl integral erfolgen, was zu einer Änderung der Solarkonstanten führt, oder aber differentiell auftreten, was einer Variation des Energieflusses in speziellen, terrestrisch wirksamen Spektralbereichen oder auch des Partikel- und Magnetfeldflusses von der Sonne entspricht. Terrestrische Ursachen solar-terrestrischer Relationen können sich in atmosphärisch oder magnetisch bedingten Änderungen der Speicherung und Aufnahme sowie des Durchflusses der solaren Energie als auch in Änderungen der Erdbahnparameter zeigen. Gemäß dieser Grobunterteilung werden im folgenden die solar-terrestrischen Beziehungen diskutiert.

2. Variationen der integralen solaren Strahlung

Die Solarkonstante (vgl. Teil II dieser Arbeit in Heft 5/77) ist ein Maß für den gesamten elektromagnetischen solaren Energiefluß, dessen relative Konstanz auch in kosmischen Zeitmaßstäben eine offenbare und wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten ist. Gerade aber auch zum genaueren Verständnis dieser biologischen Entwicklung und auch im Hinblick auf die mit Hilfe einer verbesserten Computertechnik in absehbarer Zeit mögliche Modellierung der Erdatmosphäre, bei der die Solarkonstante eine wesentliche Rolle spielt, wird die Frage nach Variationen im integralen solaren Energiefluß wichtig.

Eine langzeitige Variation muß in der Tat erwartet werden, da die Sonne im Laufe ihrer Entwicklung, wie wir aus Modellrechnungen wissen, heißer werden muß. Die Rechnungen ergeben, daß die Solarkonstante vor $4 \cdot 10^9$ Jahren nur 75 % des heutigen Wertes betrug. Andererseits müssen die Ergebnisse dieser Modellrechnungen mit einer gewissen Vorsicht gewertet werden, da wir aus den Messungen des Neutrinoflusses von der Sonne (vgl. Teil II) wissen, daß wir noch kein konsistentes Modell der inneren Struktur der Sonne haben.

Weitere typische größenordnungsmäßige Zeitskalen für mögliche Variationen des solaren Energieflusses sind: einige Tage für Oberflächeneffekte, etwa 10 Jahre für den Aktivitätszyklus, 10^4 Jahre für charakteristische Änderungen in der Konvektionszone, $2 \cdot 10^6$ Jahre für Variationen im energieerzeugenden Kern (Photonendiffusionszeit), 10^{10} Jahre für die Fusion des Wasserstoffes und 10^5 bis 10^7 Jahre für (spätere) Fusionsprozesse von He^3 und C^{12} .

Auf eine weitere mögliche Ursache für Variationen des integralen solaren Energieflusses, nämlich auf systematische und periodische Veränderungen der Erdbahnparameter sei hier nur hingewiesen. Im Abschnitt 4 wird auf die damit zusammenhängenden Phänomene genauer eingegangen.

Die Genauigkeit der heute verfügbaren Messungen der Solarkonstanten läßt noch keine verlässlichen Schlußfolgerungen über kurzfristige Variationen zu. Gesichert scheint jedoch zu sein, daß sich der Aktivitätszyklus nicht im Verlauf der Solarkonstanten widerspiegelt, die ansonsten durchaus Schwankungen um den Mittelwert aufweist. Eddy (1975) vermutet für den Trend des Mittelwertes in unserem Jahrhundert ein Ansteigen um 0,4 % bis 0,8 %. Insgesamt sind jedoch die auf den bisherigen

Messungen fußenden Überlegungen noch sehr unsicher; sie werden daher hier nicht weiter diskutiert. Diese Problematik der Messung der Solarkonstanten über längere Zeiten ist eine wichtige Aufgabe für die extraterrestrische Astronomie.

Abschließend sei zu den Bemerkungen über den integralen solaren Energiefluß noch erwähnt, daß auch aus paläoklimatischen Daten gefolgert werden kann, daß die Sonne in den letzten 10^8 Jahren im Mittel keinesfalls mehr als um 5 % in der Strahlungsleistung variierte. Diese Aussage über das mittlere Verhalten schließt jedoch kurzzeitliche Schwankungen, die durchaus wesentliche terrestrische Folgen haben können, nicht aus. Längerperiodische Änderungen, wie sie ebenfalls in den paläoklimatischen Daten enthalten sind, werden heute größtenteils auf Variationen der Erdbahnparameter zurückgeführt [Zirin, et al., 1976].

3. Veränderungen des differentiellen Energieflusses

Die im vorigen Abschnitt genannte und aus Messungen gefolgerte Behauptung, daß der Verlauf des solaren Aktivitätszyklus sich praktisch nicht im Verhalten der Solarkonstante widerspiegelt, weist im Hinblick beispielsweise auf das durchaus mit der Sonnenaktivität verknüpfte Wachstum der Jahresringe bei vielen Baumarten auf einen wesentlich subtileren Mechanismus solar-terrestrischer Relationen hin. Physikalisch führt dies von der Frage nach Variationen des gesamten solaren Energieflusses zu der nach Veränderungen in einzelnen und terrestrisch besonders wirksamen Spektralbereichen und möglicherweise auch des Sonnenwindes.

Welche Spektralbereiche sind im Zusammenhang mit dieser verfeinerten Fragestellung von Interesse?

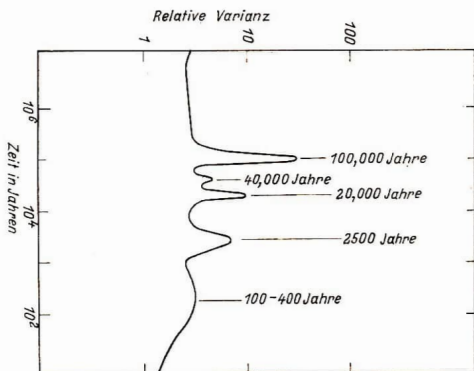
Wir wissen, daß der Hauptteil der Energie der solaren elektromagnetischen Strahlung die Atmosphäre ungehindert, also wechselwirkungsfrei, durchdringt. Der sichtbare Spektralbereich scheidet daher für derartige Wechselwirkungen mit der Atmosphäre aus. Aber bereits die benachbarten Gebiete des Infrarot (IR) und des Ultraviolett (UV) sind von wesentlicher Bedeutung für den Wärmehaushalt und die Dynamik der Atmosphäre. So absorbiert das Ozon wesentliche Mengen der elektromagnetischen Strahlung sowohl im IR als auch im UV, und der atmosphärische Wasserdampf absorbiert ebenfalls im IR einen Teil des solaren Energieflusses. Allerdings muß hier einschränkend hinzugefügt werden, daß die relative Bedeutung beider genannten Phänomene noch nicht geklärt ist. Hier liegt ein Schwerpunkt weiterer Forschungen. Unabhängig davon kann aber vermutet werden, daß Variationen der solaren Strahlung in den genannten Spektralbereichen terrestrische Folgen haben müssen. Derartige Variationen des differentiellen Energieflusses sind nun in der Tat festgestellt worden und weitere Beobachtungsprogramme werden gerade zu diesen Fragestellungen auch für die Zukunft vorbereitet. Bisherige Messungen haben u. a. gezeigt, daß im extremen UV Variationen bis zu 50 % von einer Sonnenrotation zur nächsten auftreten können, und daß insbesondere Korrelationen mit aktiven Gebieten auf der Sonne und der in den interplanetaren Raum ausgehenden Sektorstruktur des großräumigen solaren Magnetfeldes vorhanden sind [Zirin et al. 1976].

Physikalisch führen diese Ergebnisse zu Untersuchungen derjenigen Gebiete der Sonnenatmosphäre, in denen die genannten IR- und UV-Strahlungen entstehen. Dieses Emissionsgebiet ist nach White (1976) im wesentlichen das des Temperaturminimums oberhalb der Photosphäre. Weitere Untersuchungen sind nötig, um hier die Zusammenhänge mit den in diesem Gebiet wesentlichen physikalischen Prozessen zu erfassen.

Erwähnt muß in diesem Zusammenhang auch das auf den ersten Blick überraschende Ergebnis, daß in höheren Breiten die Wirbelflächen im 500 mbar-Gebiet (dem entsprechen ungefähr 5 km Höhe über der Erdoberfläche), die ein Maß für die Stärke der Zykclone sind, ungefähr einen Tag nachdem die Erde eine Sektorengrenze des interplanetaren Magnetfeldes passierte, um etwa 10 % abnehmen und sich erst nach (3–4) Tagen wieder dem ursprünglichen Wert nähern. Es erscheint möglich, daß diese Prozesse ebenfalls mit den zugehörigen Variationen der ultravioletten Strahlung der Sonne zusammenhängen, da insbesondere das extreme UV ein Maximum zu Zeiten eines Sektordurchganges aufweist. Physikalisch erscheinen diese Überlegungen insofern begründet, als die Gebiete der Sektorengrenzen auf der Sonne zumeist auch solche erhöhter Flare-Tätigkeit sind und größere Flare-Flächen zu verstärkter UV-Emission führen.

Ein grundsätzlich anderer Gedanke zur Erklärung des Verhaltens der Wirbelflächen geht davon aus, daß mit der Veränderung der Orientierung des interplanetaren Magnetfeldes nach einem Sektordurchgang sich die Konfiguration der Magnetosphäre ebenfalls ändert und damit zusätzliche Teilchenflüsse in die Ionosphäre höherer Breiten gelangen und dort über noch weitgehend unbekannte Prozesse letztlich zu Variationen der Wirbelflächen führen. Die Erwähnung dieses zweiten Deutungsversuches erfolgte, um auch zu verdeutlichen, daß die Physik solar-terrestrischer Relationen wegen ihrer relativ großen Komplexität in vielen Fragestellungen noch sehr am Anfang steht. Andererseits macht dieser Sachverhalt die solar-terrestrische Physik interessant.

Abb. 1:
Spektrum klimatischer
Veränderungen (nach
Mitchell, in Zirin et al.
1976).



Abschließend sei zu diesem Abschnitt festgestellt, daß die Änderungen des differentiellen solaren Energieflusses eine sehr wesentliche Ursache solar-terrestrischer Relationen sein können, und daß diesen Fragestellungen künftig weit mehr Interesse entgegengebracht werden wird.

4. Schwankungen der Erdbahnparameter

Der die Erde von der Sonne erreichende Energiefluß ist abhängig von der Entfernung zwischen Erde und Sonne. Diese Entfernung variiert bekanntlich im Laufe eines Jahres. Das führt dazu, daß im Januar, wenn der Abstand am geringsten ist, der solare Energiefluß auf die Erde um ungefähr 3,5 % größer ist als im Mittel. Entsprechend ist der Fluß im Juli etwa 3,5 % kleiner als im Jahresmittel.

Neben diesen relativ kurzzeitigen Schwankungen des die Erde erreichenden solaren Energieflusses sind auch dessen langzeitige Änderungen bekannt (vgl. Abb. 1). Diese sind von Milankovitch in Zusammenhang mit Bahnänderungen der Erde und mit Änderungen der Neigung der Rotationsachse der Erde gebracht worden (vgl. auch Eddy, 1976).

Der erste dieser Effekte ist die periodische Variation der Exzentrizität ε der Erdbahn, die zwischen $\varepsilon = 0$ und $\varepsilon = 0,053$ (das ist etwa das Vierfache des heutigen Wertes) schwankt. Die Periode dieser Änderungen liegt bei 97000 Jahren. Auswirkungen dieses Effektes können Verstärkungen oder Abbau jahreszeitlicher Schwankungen und damit verknüpft auch Klimaveränderungen sein. Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß die genannte Periode mit der Wiederholungsneigung der großen Eiszeiten (von etwa 100000 Jahren) zusammenfällt.

Ein weiterer Effekt ist die Periheldrehung der Erdbahn. Diese führt dazu, daß es auch Zeiten gibt, in denen die Sonne der Erde im Nordsommer (und nicht wie zur Zeit im Nordwinter) am nächsten ist. Das führt ebenfalls zu einer Verstärkung der jahreszeitlichen Schwankungen auf der nördlichen Hemisphäre. Die Periode dieser Variationen liegt bei 20000 Jahren.

Der dritte interessierende Effekt in der Milankovitch-Theorie ist die Variation der Neigung der Rotationsachse der Erde zur Erdbahnebene. Dieser Neigungswinkel beträgt zur Zeit $23,5^\circ$, er schwankt aber innerhalb einer Periode von 41000 Jahren zwischen $21,8^\circ$ und $24,4^\circ$. Auch durch diesen Effekt sind Beeinflussungen des Klimas zu erwarten.

Der Vergleich der im Zusammenhang mit den beiden letztgenannten Effekten angeführten Perioden mit den in der Abb. 1 dargestellten zeigt eine mögliche Übereinstimmung. Es muß aber erwähnt werden, daß diese astronomischen Theorien für terrestrische Klimaschwankungen durchaus nicht allgemein akzeptiert werden. Dabei liegen die Probleme nicht in den astronomischen Berechnungen, die ausreichend exakt sind, sondern in der Unkenntnis der terrestrischen Einflüsse variierender integraler Energieflüsse von der Sonne. Erste Modelle zur Beschreibung dieser Effekte werden zur Zeit erarbeitet. Konsistente Ergebnisse liegen noch nicht vor.

5. Atmosphärische und magnetisch bedingte Variationen

Neben den bereits diskutierten Perioden sind in der Abb. 1 auch solche von 2500 Jahren und (weit- aus ungenauer) zwischen 100 Jahren und 400 Jahren zu erkennen. Man nimmt heute an, daß diese

Perioden im Zusammenhang mit Schwankungen der Intensität der solaren Aktivität stehen. Ein Beispiel für derartige Variationen der Amplitude der Aktivitätszyklen ist das „Maunder-Minimum“ der relativen Sonnenfleckenzahl in den Jahren von 1630 bis 1710, während derer die Aktivität nahezu gänzlich ruhte. Mit diesem Maunder-Minimum wird übrigens die „kleine Eiszeit“, die sich in Europa in den Jahren von 1450 bis 1850 mit einem mittleren Temperaturrückgang um 1° bis 1,5° bemerkbar machte, in Zusammenhang gebracht.

Gestützt wurden diese Vermutungen durch die Tatsache, daß historische relative Häufigkeiten des C^{14} -Isotopes einen engen Zusammenhang mit historischen terrestrischen Temperaturverläufen aufweisen. Dabei treten zu Zeiten hoher C^{14} -Produktion relativ niedrige Temperaturen auf. Da für die C^{14} -Produktion die galaktische kosmische Strahlung verantwortlich ist, diese aber bei hoher Sonnenaktivität die Erde nicht so intensiv erreichen kann wie zu Zeiten geringer Aktivität, sind Messungen historischer C^{14} -Häufigkeiten Indikatoren für Sonnenaktivität und Temperaturverhalten. In der Tat war auch die „kleine Eiszeit“ eine Periode hoher relativer C^{14} -Häufigkeit.

Aufgeworfen ist damit die Frage nach dem physikalischen Mechanismus, über den die mittleren terrestrischen Temperaturen von der Intensität der Aktivitätszyklen abhängen. Die diskutierten Erklärungsversuche liegen auf der in Abschnitt 3 behandelten Ebene von Variationen des differentiellen Energieflusses. Daher geht man davon aus, daß zu Zeiten hoher Sonnenaktivität ein relativ größerer Teil der Sonnenoberfläche durch Flares auch in den terrestrisch wirksamen Spektralbereichen „aufgehell“ ist und demzufolge gerade in diesen Bereichen mehr Energie abgegeben wird. Die so skizzierte Prozeßkette ist jedoch bis heute erst sehr lückenhaft untersucht.

Die hier im Zusammenhang mit der C^{14} -Methode genannten Ergebnisse sind übrigens auch durch Messungen der relativen Häufigkeiten anderer Isotope gestützt worden, z. B. auch durch O^{18}/O^{16} -Messungen. Dabei haben die O^{18} -Messungen zu dem bemerkenswerten Ergebnis geführt, daß die mittleren Temperaturen der tropischen Ozeanoberflächen in den letzten 80 Millionen Jahren von 24 °C auf 18 °C gefallen sind, gleichzeitig sind die Bodentemperaturen von 13°C auf zur Zeit 0°C gesunken [Zirin, et al. 1976].

Erwähnt werden soll im Zusammenhang mit der C^{14} -Methode auch, daß diese neben den genannten Variationen auch eine durch das Magnetfeld der Erde (das kosmische Strahlung und Teilchenflüsse beeinflusst) verursachte Langzeitabhängigkeit aufweist. Hier setzen nun weitere Überlegungen ein, die sich besonders auf die möglichen „Nulldurchgänge“ des irdischen Magnetfeldes während der paläomagnetisch festgestellten Umkehrungen des Magnetfeldes beziehen. Die in diesem Zusammenhang geäußerte Vermutung, daß wegen des dann möglichen verstärkten Eindringens der kosmischen Strahlung die biologische Mutationsrate erhöht würde, ist sicher nicht zutreffend, da die genetisch wirksame Strahlung hochenergetisch ist und demzufolge ohnehin das Erdmagnetfeld ungehindert durchdringt, also ständig präsent ist.

Physikalisch begründet sind Untersuchungen, die eine Klimaänderung als Folge eines erhöhten Einfalls von niederenergetischen Teilchen annehmen, wobei der verstärkte Teilchenregen (Präzipitation) zu erhöhter Ionisation und damit auch zu Ionen-induzierten Keimen für Kondensationskerne und nachfolgende Wolkenbildungen führt [Harrison et al., 1974]. Erste Modellrechnungen haben gezeigt, daß in der Tat noch in etwa 10 km Höhe die Ionisationsrate während eines magnetischen Nulldurchganges bis um das Vierfache steigen kann. Sollte sich die Annahme bestätigen, daß damit Kondensationskeime für Wolkenbildungen geschaffen werden, so sind gravierende Klimaänderungen und damit auch biologische Veränderungen als Folge zu erwarten.

Als weitere physikalische Mechanismen, die im Zusammenhang mit den magnetischen Nulldurchgängen zu terrestrischen Veränderungen führen können, seien hier abschließend noch direkte Einflüsse des Magnetfeldes auf biologische Prozesse sowie mögliche Veränderungen der Ozonschicht (durch erhöhten Teilcheneinfall) und damit Variationen der biologisch wirksamen UV-Strahlung erwähnt [Reid et al., 1976].

Diese Prozesse, die im Zusammenhang mit geomagnetischen Nulldurchgängen diskutiert werden, können auch bei den vergleichsweise wesentlich kleineren magnetischen Störungen, den sogenannten magnetischen Stürmen, auftreten, da auch diese zu zusätzlichen Teilchenflüssen aus der Magnetosphäre in der Atmosphäre führen können. Die Wirkungen dieser aber vergleichsweise kleineren Energieflüsse sind jedoch, soweit zeigen das verschiedenste Abschätzungen, so gering, daß sie nicht direkt, sondern nur über eine Kette von Prozessen, über die andere Energien frei werden, zu merkbaren Effekten in der unteren Atmosphäre führen können. Spürbar sind die Auswirkungen dieser Flüsse jedoch deutlich in dem thermischen Verhalten und in der Dynamik der oberen Atmosphäre, der sogenannten Thermosphäre. Das gilt auch für die Prozesse, die mit dem ständigen Zufließen von Teilchen in die polare Atmosphäre bis hinab zu ungefähr 100 km Höhe auftreten. Inwiefern sich diese Koppelung Magnetosphäre-Thermosphäre nach unten fortsetzt, ist bis heute noch unklar. Möglich

sind jedoch nur, wie schon erwähnt wurde, Koppelungen derart, daß Prozesse ausgelöst (getriggert) werden können, da die magnetosphärischen Vorgänge insgesamt zu wenig Energie haben, um in der unteren Atmosphäre direkt wirksam zu sein.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Solar-terrestrische Relationen sind ein relativ junger Gegenstand wissenschaftlicher Forschungen. Wegen der möglichen gesamtgesellschaftlichen Konsequenzen dieser Relationen erscheint eine weitere Vertiefung dieser Untersuchungen in Zukunft als notwendig. Dabei werden insbesondere die extraterrestrischen Beobachtungsmöglichkeiten der für die solar-terrestrischen Beziehungen wichtigen Schichten der Atmosphäre von Sonne und Erde mehr an Bedeutung gewinnen müssen. Gegenstand solcher weiterführenden Untersuchungen werden dann insbesondere die Physik der unteren Sonnenatmosphäre, die Koppelung Magnetosphäre-Atmosphäre und die Aeronomie (im Hinblick auf Variationen der elektromagnetischen Strahlung und der Teilchenflüsse) sein.

Literatur:

- Eddy, J.; 1976, A new look at solar-terrestrial relationships, preprint.
Harrison, C. G. A.; Prospero, J. M.; 1974, *Nature*, 250, No. 5467 pp. 564–565.
Reid, C. G.; Isaacs, I. S. A.; Holzer, T. E.; Crutzen, P. J., 1976, *Nature*, 259, No. 5540, pp. 177–179.
White, O. R., in Zirin et al. 1976.
Zirin, H.; Moore, R. L.; Walter, J.; 1976, *Proceedings of the workshop „The solar constant and the Earth's atmosphere“*; Solar Physics, 46, pp. 377–410.

Der angebliche Meteoritenkrater Wipfelsfurt im Donautal

J. CLASSEN

Etwa 2 km südwestlich Kelheim befindet sich innerhalb des Naturschutzgebietes „Weltenburger Enge“ in 48°54' N und 11°51' E eine von der Donau durchflossene nahezu kreisrunde Mulde. Sie hat ungefähr 850 m Durchmesser und 100 m Tiefe. Etwa 85 % dieser Mulde liegen auf dem linken Donauufer, auf das rechte Donauufer entfallen im wesentlichen nur die südöstlichen Muldenabhänge mit den beiden Felsen Peter und Paul. Abb. 1 gibt das Gebiet nach der Topographischen Karte 1:25000, München 1954, Blatt Kelheim, wieder.

Das Innere der Mulde ist zu etwa 60 % Ackerland. Die übrigen 40 % einschließlich der Abhänge sind bewaldet. In Forstkreisen erfreut sich dieser Wald einer gewissen Berühmtheit, denn die Bäume sind auffallend hoch und schön gewachsen. Außerhalb der Mulde hört dieser ideale Baumwuchs sofort auf, ein Zeichen vielleicht für besondere Bodenverhältnisse innerhalb der Mulde.

Bis vor wenigen Jahren stand im Ostteil der Mulde unweit des linken Donauufers das Forsthaus Wipfelsfurt. Dieses ist jetzt abgebrochen, nur der Flurname Wipfelsfurt blieb erhalten. Sicher erinnert dieser Flurname an eine ehemalige Furt. Die Donau hat hier ihre flachste Stelle zwischen Ingolstadt und Regensburg. Noch 1911 konnte man die Donau hier durchwaten. Eine Verkehrsstraße ging jedoch nie durch diese Furt, wenigstens nicht in geschichtlicher Zeit.

Die Mulde von Wipfelsfurt wurde erstmals 1971 von E. Rutte (20) als „Krater“ bezeichnet, wobei Rutte einen Meteoritenkrater im Auge hatte. 1974 berichtete Rutte (21) von der Existenz ausgedehnter, intensiver Zertrümmerungen in den Malmkalken an der Oberkante der Mulden-Südseite. Bei Vergleichen mit Trümmerkalken des Nördlinger Ries besteht nach Rutte kein Zweifel an den gleichen impaktischen Ursachen. Eine vorsichtiger Einschätzung empfahl 1974 W. Reiff (16), der bei einer Besichtigung der Wipfelsfurter Mulde an deren Rande eine starke Verwitterung des Gesteins feststellte, welche dem Gestein ein breccioses Aussehen verleiht.

Auf alle Fälle ist die Entstehung des kreisförmigen Gebildes nicht leicht erklärbar. Meist wurde diese merkwürdige Struktur als Ausräumungsform bezeichnet, so beispielsweise von Reiff (16). Diese Auffassung ist zweifellos richtig. Aber wie kam es zu den Voraussetzungen, daß die Donau hier bei Kelheim in den Jurakalkschichten ein kreisrundes Loch herauswaschen konnte, das einen mindestens dreifach so großen Durchmesser hat wie das Donaubett oberhalb und unterhalb von Wipfelsfurt?

Zunächst einmal kann die Wipfelsfurter Mulde nicht als Relikt eines ehemaligen Seitentals der Donau aufgefaßt werden, denn es ist hier kein Nebenfluß zur Donau nachweisbar. Auch als ehemaliges großes Strudeloch läßt sich die Wipfelsfurter Mulde nicht bezeichnen. Die Donau hat hier keine

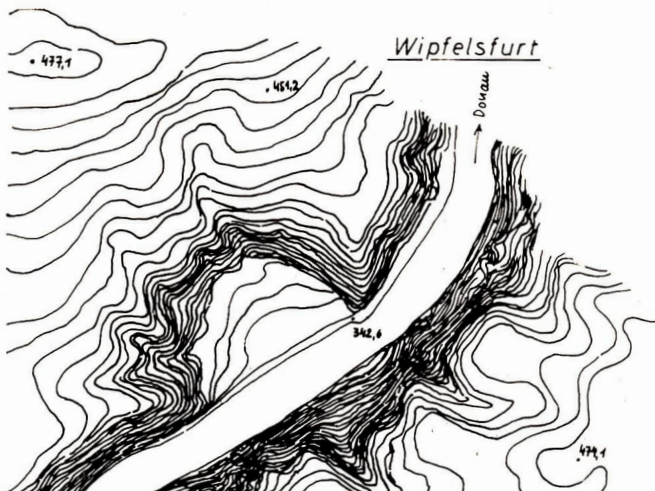


Abb. 1: Die Wipfelsfurter Mulde bei Kelheim.

tiefe Stelle, sondern ist wie schon gesagt bei Wipfelsfurt sehr flach. Ferner liegt das Zentrum der Wipfelsfurter Mulde nicht in der Achse der Donau, so wie es bei einem Strudeloch zu erwarten wäre, sondern weit seitlich der Flußachse.

Die Rundstruktur in der Donau kann ferner keine ehemalige Stromschleife sein. Hätte sich bei Wipfelsfurt ein Felsriegel befunden, ähnlich etwa wie der 2 km oberhalb von Wipfelsfurt am Eingang der Weltenburger Enge gelegene Wurzburg, so wäre zwar eventuell eine Stromschleife entstanden. Aber bei Wipfelsfurt ist kein dem Wurzburg ähnlicher Felsriegel vorhanden. Auch kann ein solcher nicht von der Donau weggeräumt worden sein. Auch der Wurzburg ist ja heute noch da, und die Donau windet sich kreisförmig an drei Seiten um dieses bis 105 m über den Donauepiegel aufsteigende Hindernis herum.

Weiter bietet sich die Deutung der Wipfelsfurter Mulde als Doline an. Jedoch ermangelt es im Gelände aller karstmorphologischer und tektonischer Indizien. Der Boden der Hohlform ist im Donaubeck aufgeschlossen und besteht aus festem Fels ohne Anzeichen einer Zerbrechung. Auch hätte die Donau bei einer Doline wahrscheinlich eine anders gestaltete Hohlform hervorgebracht, als sich die Wipfelsfurter Mulde jetzt präsentiert, nämlich einen Trichter mit abgestumpfter Spitze. Das wichtigste Gegenargument ist jedoch, daß **runde** Dolinen mit einem Durchmesser von 850 m bisher nicht beobachtet wurden (1) (12). Auf die Größenverhältnisse der Dolinen wird im Zusammenhang mit den Frankenalbkratern noch einmal eingegangen.

Eine Möglichkeit wäre noch, vor dem Pleistozän im Bereich der Wipfelsfurter Mulde ein lokales Vorkommen von verhältnismäßig weichem Kalkstein anzunehmen, das dann von der Donau aus dem ihn umgebenden härteren Kalkstein herausgewaschen wurde. Aber auch diese Möglichkeit muß verworfen werden, denn dann wäre mit großer Wahrscheinlichkeit ein unregelmäßig geformter Talkessel entstanden, nicht aber der heutige kreisrunde Krater. Außerdem konnte Rutte (19) schon 1971 wahrscheinlich machen, daß in Wipfelsfurt keine weichen Plattenkalke angestanden haben.

Nur nebenbei sei erwähnt, daß auch eine vulkanische Entstehung der Wipfelsfurter Mulde ausgeschlossen ist. So bleibt vorläufig nur die für den Geologen zunächst etwas fremde These von der Entstehung der Mulde durch einen Meteoritenimpakt übrig. Durch diesen Impakt wurde das Kalkgestein in einem runden Gebiet von 850 m Durchmesser zertrümmert, und die Donau räumte später den



Abb. 3, oben: Kalkstück aus Wipfelsfurt.

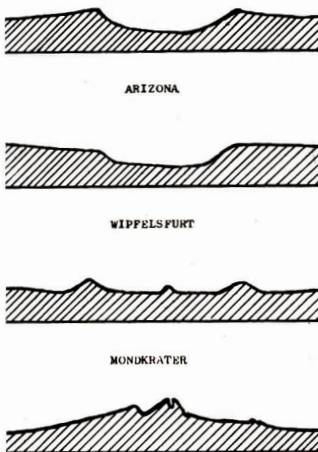


Abb. 2, rechts: Kraterprofile.

VESUV

Schutt und die in die Hohlform gefallen Absturzmassen weg. Der Meteoritenimpakt könnte vor das Pleistozän datiert werden, als die Donau noch nicht ihr jetziges Tal gegraben hatte. Das bedeutet, die Wipfelsfurter Mulde könnte möglicherweise gleichzeitig mit dem Nördlinger Ries, das heißt also vor 14,8 · 10⁶ Jahren, entstanden sein.

Diese Ausräumung einer Impaktstruktur durch einen großen Strom hätte auf der Erde nicht wieder ihresgleichen. Die Folge dieses einmaligen Vorganges war ein fast idealer Meteoritenkrater. Nur der Westteil des Kraterbodens weist heute eine geringe Unebenheit auf, denn er ist durch eine holozäne Aufschüttung (Abschlammassen) gegenüber dem Ostteil um etwa 15 m erhöht. Am Ende des Pleistozäns dürfte die Kraterform noch idealer gewesen sein.

Das Profil einer verdächtigen Rundstruktur ist mitunter sehr aufschlußreich, wenn man ein Urteil über den Charakter dieser Struktur zu fällen hat. Auch im Falle von Wipfelsfurt sei dieses Verfahren angewandt. Zu diesem Zwecke sind auf Abb. 2 die Profile einiger Krater dargestellt. Die Durchmesser sind ungefähr auf die gleiche Größe gebracht. Eine Erhöhung der Profile wurde nicht vorgenommen. Geachtet wurde darauf, daß sämtliche Profile durch den Leser nachgeprüft werden können.

Die erste Figur ist das Profil eines bereits seit 1905 als sicher anerkannten Meteoritenkraters, nämlich des verhältnismäßig jungen Arizona-Kraters in den USA. Dieser Krater besitzt einen Durchmesser von 1295 m, eine Tiefe von 174 m und ein Alter von etwa 40000 Jahren (2). Als Vorlage diente Abb. a auf Seite 375 der Arbeit von Reiff (16).

Der Arizona-Krater gilt als der am besten erhaltene Meteoritenkrater. Fast alle anderen Meteoritenkrater sind nicht so regelmäßig gestaltet, das heißt, ihre früheren Formen sind jetzt mehr oder weniger verwischt. Es gibt sogar Meteoritenkrater, deren frühere Kraterformen jetzt derart intensiv abgetragen sind, daß sich diese Objekte nicht mehr vom ebenen Erdboden unterscheiden. Derartige „Astrobleme“ können nur durch besondere Untersuchungsmethoden aufgefunden werden.

Die zweite Figur stellt einen Durchschnitt durch die Wipfelsfurter Mulde dar. Das Profil wurde von den Höhenlinien der Topographischen Karte 1:50000, Blatt L 7136 Kelheim, abgenommen. Dabei wurde ein Schnitt derart von Nord nach Süd durch die Mulde gelegt, daß diese genau halbiert wurde. Bei dem Profil ist Norden links, Süden rechts.

Die dritte Figur gibt das Profil des Mondkraters Eratosthenes mit seinem Zentralberg wieder. Auch hier handelt es sich um ein Idealprofil, das heißt, nicht alle Mondkrater haben einen so ausgeprägten

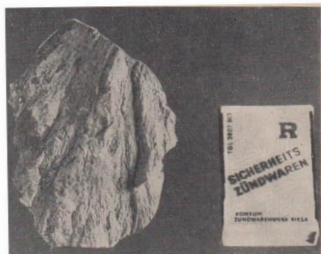


Abb. 4, oben links: Shatter Cones aus Steinheim.



Abb. 5, oben: Shatter Cones aus Wells Creek, USA.

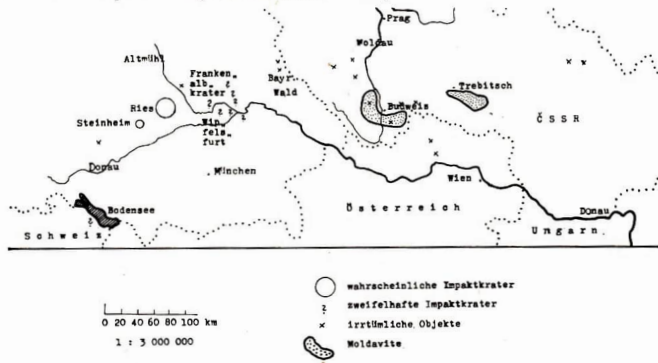
Abb. 6, links:
Shatter Cones aus Sichote Alin, UdSSR.

Kraterwall. Der Durchmesser von Eratosthenes beträgt 60 km, dessen Tiefe 3 km. Das Bild stammt aus dem dtv-Atlas zur Astronomie, S. 76, Abb. A (8).

Die erste und die dritte Figur stellen also einwandfreie Meteoritenkrater dar. Vergleicht man letztere beiden Figuren mit der zweiten Figur, also mit der Struktur Wipfelsfurt, so fällt sofort die große Ähnlichkeit aller drei Objekte auf. Mit anderen Worten, Wipfelsfurt könnte ebenfalls ein Meteoritenkrater sein. Erst wenn eine bessere Erklärung für die Entstehung dieser Mulde vorliegt, wird man die Möglichkeit eines Meteoritenimpaktes verwerfen müssen.

Schließlich ist auf der vierten Figur noch zu Vergleichszwecken ein Vulkankrater dargestellt, der 1186 m hohe Vesuv. Der Durchmesser der oberen Krateröffnung verändert sich beim Vesuv nach je-

Abb. 7: Streuellipse verdächtiger Lokalitäten in Mitteleuropa.



dem Ausbruch, er ist jedoch stets mindestens einige hundert Meter groß. Das Bild stammt aus dem Handbuch der Astrophysik, Band IV, S. 406 (6). Man sieht sofort, daß das Profil eines Vulkankraters völlig verschieden von den Profilen der drei anderen Krater ist.

Der endgültige Beweis für den meteoritischen Charakter eines verdächtigen Objektes wird meist durch mineralogische Kriterien erbracht. Als sicherstes Indiz für einen Meteoritenkrater gilt das Vorhandensein von Nickeleisen, das sich jedoch in Wipfelsfurt nicht findet. Bestand der aufschlagende Meteorit aus Stein, so sind Funde von NiFe von vornherein unmöglich. Man muß dann andere mineralogische Beweismittel für den meteoritischen Ursprung der Rundstruktur vorlegen können.

Um solche Beweismittel in die Hände zu bekommen, wurde das Objekt Wipfelsfurt im Oktober 1975 durch den Verfasser untersucht. Hierbei fand sich nach tagelangem, intensiven Suchen auf einem Acker im Ostteil der Mulde ein 12 cm langes und 11 cm breites Kalkstück, das als grober Shatter Cones (Strahlenkalk) angesprochen werden kann (Abb. 3). Der Fundort lag etwa 20 m nördlich des an der Donau entlangführenden Uferweges in der Nähe jener Stelle, an der einst das Forsthaus Wipfelsfurt gestanden hatte. Eine mit Bäumen umstandene Bank am Uferweg erinnert noch heute an das ehemalige Forsthaus. Das Kalkstück befindet sich jetzt in der Meteoritensammlung der Sternwarte Pulsnitz.

Der größte Öffnungswinkel der Strahlenkalkstruktur besitzt die bei Shatter Cones normale Größe von 90°. Das Fundstück war an die Erdoberfläche hochgeackert und vorher wahrscheinlich mit Abschlämmassen an seine Fundstelle transportiert worden. Deshalb können keinerlei Angaben über den Abstand der primären Lagerung vom Zentrum des Kraters, über die Richtung der Achse der Strahlenkalkstruktur relativ zu dem Kraterzentrum und über die ursprüngliche Tiefe des Fundstückes innerhalb des Kraterinneren gemacht werden. Durch äußere Einwirkungen ist das Fundstück jetzt stark abgeschliffen.

Nun entstehen strahlenkalkähnliche Strukturen auch durch heftigen Schlag bei Sprengungen in Steinbrüchen und dergleichen. Aber ein Steinbruchbetrieb oder eine andere Industrie ist in der abgelegenen Wipfelsfurter Mulde und ihrer Umgebung nie vorhanden gewesen. Nur bei der Anlage der Treidelpfade am Donauufer wurde viel gesprengt. Im übrigen sprechen die Befunde am Wipfelsfurter Fundstück dafür, daß hier eine fossile, „heiße“ Entstehung der Strahlenkalkstruktur durch Explosion vorliegt, nicht aber eine rezente, „kalte“ Entstehung durch bloßen Schlag bei einer Sprengung. Die Struktur ist nämlich in den Kalkstein millimetertief „eingeschmolzen“.

Gewiß zeigen die bisher bekanntgewordenen Shatter Cones meist eine feinere Struktur als das Wipfelsfurter Stück. Schöne Shatter Cones werden beispielsweise im Steinheimer Becken gefunden (Abb. 4). Daß Shatter Cones jedoch durchaus nicht die ideale Struktur der Steinheimer Stücke haben müssen, beweist Abb. 5. Sie zeigt ein Kalkstück, das in dem Meteoritenkraterfeld Wells Creek in den USA (36°23' N, 87°40' W) gefunden und von R. S. Dietz (5) als echter Shatter Cones veröffentlicht wurde. Um zu zeigen, daß ohne die Kenntnis dieser Tatsachen die meisten sachverständigen Betrachter das Kalkstück als echten Shatter Cones ablehnen würden, wurde das von Dietz veröffentlichte Bild sorgfältig fotografiert und ohne nähere Angaben einer Anzahl Geologen, vornehmlich aus der Bundesrepublik Deutschland, zur Begutachtung vorgelegt. Sie alle lehnten das betreffende Kalkstück mehr oder weniger entschieden als echten Shatter Cone ab.

Diese Einstellung ist verständlich. Man kennt vor allem die Shatter Cones aus dem Steinheimer Becken mit ihrer sehr feinen Struktur. Der Steinheimer Jurakalk war der Ausbildung einwandfreier Shatter Cones offenbar sehr günstig. Außerhalb von Steinheim ist jedoch das Gestein von anderer Art. Dann entstehen nicht mehr so ideale Strahlenkalkstrukturen, ja mitunter sind letztere kaum mehr als Shatter Cones erkennbar. Ein Beispiel hierfür sind die Shatter Cones, die man neuerdings in kristallinen Trümmern des Nördlinger Ries bei Wengenhausen findet.

Ein weiteres Beispiel zeigt Abb. 6. Diese Shatter Cones-Struktur wurde nach E. L. Krinov [13] 1969 von A. O. Aaloe in Krater Nr. 4 des Eisenmeteoritenschauers von Sichote Alin (UdSSR) gefunden, also in einem sehr kleinen, aber einwandfreien Meteoritenkrater. Die Ähnlichkeit mit dem Wipfelsfurter Fund (Abb. 3) ist überraschend, sie zwingt nach Ansicht des Verfassers dazu, letzteren Fund ebenfalls als echten Shatter Cones anzuerkennen. Der rezente Shatter Cones von Sichote Alin ist lediglich noch nicht so abgeschliffen wie das Wipfelsfurter Fundstück.

Auf jeden Fall sind Shatter Cones ein eindeutiger Beweis für den meteoritischen Ursprung einer Rundstruktur als beispielsweise Gesteinsgläser oder Breccien. Es dauert oft lange, bis in letzteren Fällen eine Einigung für oder gegen den meteoritischen Ursprung erzielt worden ist. Ein Beispiel hierfür sind die ausgedehnten Kontroversen über den Suevit des Nördlinger Ries vor 1965 (14). In und um Wipfelsfurt wird übrigens der sogenannte Alemonit gefunden (21), der jedoch bis jetzt nicht als Impactgestein anerkannt ist. Ferner sollen in Wipfelsfurt auch glasartige Massen gesehen worden sein, wie dem Verfasser bei der Untersuchung der Mulde ein ortskundiger Mitarbeiter glaubhaft versicherte. Allerdings besteht der Verdacht, daß es sich dabei um künstliche Glasmassen gehandelt hat.

Es wurde Vorsorge getroffen, daß in Wipfelsfurt in Zukunft alle verdächtigen Funde sofort geborgen werden.

Sieht man sich nach anderen Hinweisen um, die das Wipfelsfurter Problem mit klären helfen könnten, so stößt man vor allem auf weitere in der Umgebung von Wipfelsfurt befindliche Rundstrukturen. An erster Stelle wären hier das Nördlinger Ries mit 23 km Durchmesser (14) sowie das schon erwähnte Steinheimer Becken mit 3,5 km Durchmesser (16) zu nennen. Beide Strukturen sind gleich alt (14,8-10⁶ Jahre) und wurden nach langem Streit etwa 1965 endgültig als Meteoritenkrater anerkannt. Schon vor 1965 deutete sich an, daß die genannten Krater offenbar nicht die einzigen Rundstrukturen dieses Gebietes sind. 1955 wurden nämlich durch H. Reich und W. Horrix (15) mit Hilfe seismischer Messungen kleine „Nebenkessel“ des Nördlinger Ries aufgefunden. 1969 beschrieb dann H. Illies (11) die nebeneinander befindlichen Rundstrukturen Pfahldorf (2,5 km Durchmesser), Sornhüll (1,2 km Durchmesser) und Mandelgrund (1 km Durchmesser) und deutete sie als Meteoritenkrater, die zusammen mit dem Ries entstanden sein sollen. Sie liegen östlich des Ries in der südlichen Frankenalb (48°57' N, 11°22' E) und sind morphologisch noch gut im Gelände als runde beziehungsweise schwach elliptische Gebilde erkennbar. Ebenfalls als meteoritisch angesehen wurde 1971 von D. Storz, W. Gentner und R. Steinbunn (24) die Stopfenheimer Kuppel, 20 km nordöstlich vom Ries (49°04' N, 10°53' E), mit 8 km Durchmesser. Ihr meteoritischer Charakter wird jedoch neuerdings, und zwar wohl mit Recht, von H. Schmidt-Kaler (23) bestritten.

Insbesondere aber betrieb Rutte (20) (21) intensive Nachforschungen nach möglichen neuen Meteoritenkratern östlich des Nördlinger Ries. Er meldete von 1971 ab aus der Südlichen Frankenalb und ihrer Umgebung Dutzende von angeblich meteoritischen Rundstrukturen von je etwa 1 km bis höchstens 3 km Durchmesser. Im Westen sollen diese Strukturen im allgemeinen etwas größer sein, im Osten soll die Standardgröße von 1 km vorherrschen. Einige dieser Strukturen sind morphologisch noch einigermaßen gut nachweisbar, außer Wipfelsfurt beispielsweise die Rundstruktur Sausthal (48°58' N, 11°51' E) mit 1 km Durchmesser, die zusammen mit ihrem Nebenkrater Schaffergrube (500 m Durchmesser) von dem neu herausgekommenen Meßtischblatt Riedenburg deutlich als Rundstruktur wiedergegeben wird, ferner der Krater Mendorf (48°53' N, 11°36' E) mit 2,5 km Durchmesser. Von den schwieriger zu erfassenden und daher sehr zweifelhaften Objekten seien die Lokalitäten Willenhofen/Parsberg, Hemaug Pulk und Saal a. d. Donau genannt.

Gegen den meteoritischen Ursprung dieser neuen Lokalitäten wurden aufgrund von „leider nicht sehr eingehenden Untersuchungen“ (3) Einwände erhoben (10) (16). So bezeichnet man die in der Frankenalb vorhandenen Rundstrukturen nicht ganz korrekt als „unregelmäßig umgrenzte Mulden“, obwohl sich doch zumindest bei einem Teil dieser Objekte einwandfrei die Rundstruktur nachweisen läßt. Und über die Entstehung dieser Gebilde wird gesagt: „Dabei handelt es sich um alte, durch jüngere Sedimente plombierte Karstformen“.

Nun sind jedoch in Karstgebieten runde Einsturztrichter mit Durchmessern, wie sie manche Rundstrukturen der Frankenalb besitzen, bisher nicht bekannt. Nach R. Kettner (12) haben Dolinen meist einen Durchmesser von 20–50 m. In seltenen Fällen kommen Dolinen mit einem Durchmesser von 400–500 m vor. Ferner sind nach R. Brinkmann (1) rundliche bis trichterförmige Dolinen nur bis 200 m groß. Die größte dem Verfasser bekannte Doline befindet sich bei Danne in Istrien, Jugoslawien. Sie hat einen Durchmesser von 600 m und eine Tiefe von 75 m (17). Die Frankenalbkrater aber haben Durchmesser bis zu 2,5 km.

Theoretisch sollten in Karstgebieten Einsenkungen mit beliebig großem Durchmesser entstehen können. Allerdings nicht so, daß sich an nur einer Stelle des Erdbodens ein entsprechend tiefer runder Trichter bildet, denn von einer bestimmten Dicke an brechen über einem Hohlraum Gesteinsschichten nicht mehr ein. Die Voraussetzung für eine sehr weiträumige Einsenkung wäre vielmehr, daß in nicht zu großer Tiefe unter dem betreffenden Einsturzgebiet ein ganzes Netz von Hohlräumen zu Bruch geht. Dann aber entsteht mit größter Wahrscheinlichkeit nicht mehr eine kreisrunde, sondern eine unregelmäßig umgrenzte Einsenkung, die mehr oder weniger gut die Anordnung der in der Tiefe eingestürzten Hohlräume widerspiegelt.

Diejenigen Strukturen der Frankenalb also, die einwandfrei rund sind und einen Durchmesser von etwa einem Kilometer oder mehr besitzen, können nicht als Dolinen entstanden sein. Ihre Bezeichnung als Karstformen muß zurückgewiesen werden.

Nach Rutte ist übrigens das Liegende der Füllung des Kraters Saal zur Zeit durch einen Steinbruchbetrieb hervorragend aufgeschlossen, es findet sich aber angeblich nicht der geringste Hinweis auf karsthähnliche Zusammenbrüche. Letztere Angabe sollte eigentlich leicht nachprüfbar sein.

Ein weiteres Argument gegen den Dolinencharakter der Frankenalbstrukturen wäre es, wenn man am Rande der Strukturen Wälle nachweisen könnte. Dolinen stürzen ja nur ein, sie wölben niemals nach oben auf. Bei Pfahldorf, Sornhüll und Mandelgrund scheinen nach Abb. 12 von H. Illies (11) derartige als „Randwall“ oder „Rücken“ bezeichnete Wälle zu existieren. Nach Rutte (briefliche Mitteilung)

sollen Wälle auch bei Sausthal und Mendorf angedeutet sein. Bei Wipfelsfurt ließen sich derartige Wälle bisher nicht nachweisen.

Grenzen an eine Rundstruktur andere Einsenkungen an, so können Wälle vorgetäuscht werden. Im Zweifelsfalle muß man sorgsam prüfen, ob die Wälle tatsächlich den Umrissen der Rundstruktur folgen. Dabei ist große Unvoreingenommenheit notwendig. Manche Autoren suchen offenbar nur nach Beweisen für den meteoritischen Charakter der Strukturen, andere suchen wieder nur nach Gegenbeweisen. Bei Zuhilfenahme statistischer Methoden sollte es aber gelingen, echte Wälle von zufällig entstehenden Höhenrücken zu unterscheiden. Die entsprechenden Untersuchungen stecken zur Zeit noch in den Kinderschuhen (11) (16).

Seit 1974 vermutet Rutte (21) ferner im Bayrischen Wald (bei Rötz-Tiefenbach und Cham-Stamsried), im Südwesten der ČSSR (rund um Budweis = České Budějovice) und in Niederösterreich (bei Edlbach und Gföhl) große Einsenkungen, die durch Summation vieler meteoritischer Einschläge entstanden sein sollen. Bis 30 km sollen diese Einsenkungen lang sein. Eine dieser Einsenkungen, das Gebiet unmittelbar nordwestlich von Budweis, wurde im Oktober 1975 und dann nochmals im September 1976 ergebnislos vom Verfasser untersucht. Innerhalb dieses Gebietes liegt Zliv (49°04' N, 14°22' E) mit der Zliv-Breccie, die nach Rutte (21) viele geschockte Minerale enthält. Nach K. Žebra (briefliche Mitteilung) liegt die Zliv-Breccie jedoch mindestens 80 m unter der Oberfläche des Terrains, auf das in der Zeit der Rieskatastrophe die Moldavite fielen. Sie hat mit dem Impakt von Meteoriten nichts zu tun.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß Žebra in dem erwähnten Gebiet nordwestlich von Budweis drei Rundstrukturen entdeckt hat, die er für Meteoritenkrater hält (briefliche Mitteilung). Alle drei Objekte sollen aus dem Obermiozän stammen, also aus der Zeit der Entstehung des Nördlinger Ries. Es handelt sich dabei im einzelnen um folgende Strukturen:

Vrábče bei Budweis,	48°54' N 14°22' E, Durchmesser	300 m
Slavče bei Budweis,	48°55' N 14°20' E, Durchmesser	300 m
Podeřístě bei Netolice,	49°03' N 14°11' E, Durchmesser	1000 m.

Eine Veröffentlichung über diese drei Krater bereitet Žebra vor.

Fortsetzung folgt

Kants Auffassung von der Natur des Saturnrings

KARL HEINRICH HINTZE

Seit der Erfindung des Fernrohres erweckte der Planet Saturn wegen seines Ringsystems immer wieder das Interesse der beobachtenden Astronomie. Als erstem gelang es 1610 G. Galilei, Saturn als einen Himmelskörper von besonderer und zeitlich veränderlicher Gestalt zu erkennen. Durch verbesserte optische Hilfsmittel war es 1655 Ch. Huygens und Ch. Wren möglich, den Saturn umgebenden Ring deutlich zu sehen. 1675 beobachtete G. D. Cassini (vielleicht auch schon 1665 W. Ball) die nach ihm benannte Teilung des Ringsystems. 1838 erkannte dann J. F. Encke eine weitere Trennungslinie und um 1850 wurde durch J. G. Galle, G. P. Bond und andere der innere, nebelartige Krepp-Ring entdeckt. Flecken auf Saturn wurden wiederholt beobachtet und durch W. Herschel um 1794 zur Bestimmung der Rotationsperiode des Planeten verwendet (1).

I. Kant zeigte in seinem naturphilosophischen Hauptwerk „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonschen Grundsätzen abgehandelt“, ebenfalls reges Interesse am Ringsystem des Saturn, indem er ihm einen ganzen Abschnitt des zweiten Teiles widmete. Kants Verdienst ist es, zum ersten Male, wenn auch noch recht spekulativ, eine wissenschaftliche Kosmogonie des Ringsystems aufgestellt zu haben.

Er geht hierbei, wie in seiner gesamten Kosmogonie, von Analogieschlüssen aus, indem er die Entwicklung des Saturn mit der Entwicklung der anderen Planeten vergleicht und die Möglichkeiten für die Entstehung eines Ringsystems diskutiert und abschätzt. Eine exakte mathematische Durchrechnung fehlt daher fast völlig.

Um die Bildung der Ringe verstehen zu können, ging Kant zunächst von der Entstehung des Planeten Saturn aus (2). Er nimmt an, daß dieser bei seiner Entstehung zunächst eine Bahn größerer Exzentrizität hatte, und daß der Planet auch eine Rotation besaß. Die Wärme, die er in Sonnennähe erhielt, ließ die leichten Gase von seiner Oberfläche aufsteigen und sie um den Planeten in kometenartigen Schweifen anordnen. Diese blieben in der Nähe seiner Oberfläche und bildeten ein stabiles Ringsystem.

Kant zeigt dann die Ursache auf, wie Saturn die aufsteigenden Gase frei schwebend halten konnte und wie sich die Bildung des Ringes aus der ihm anfangs umgebenden Hülle aus kometenartigen Schweifen vollzog. Eine solche Beschreibung ist bei ihm unter der Voraussetzung möglich, daß Saturn von seiner Entstehung an eine Rotation um seine Achse gehabt hat. Die von dem Planeten aufsteigenden Gase hatten durch die Rotation Bewegungsenergie erhalten und sie in die Gashülle mitgenommen. Jene Teilchen, die am Planetenäquator aufstiegen, müssen die größte und die an den Polen aufstiegen, die geringste Bewegungsenergie erhalten haben. Das Verhältnis der spezifischen Schwere ordnete den Teilchen verschiedene Höhen zu, zu denen sie aufstiegen. Aber nur diejenigen Teilchen konnten sich in einer beständig freien Kreisbewegung behaupten, deren Abstände von der Planetenoberfläche einer bestimmten Zentralkraft entsprachen.

Unter der Zentralkraft werde eine Kraft verstanden, die auf einen Körper in beliebiger ebener Bahn einwirkt, bei der eine Beschleunigung wechselnder Größe und Richtung dauernd auf einen Punkt, das Zentrum, hin gerichtet ist. Die übrigen Teilchen, die durch die Wechselwirkung mit den anderen nicht in Kreisbahnen gebracht werden konnten, mußten sich bei zu großer Geschwindigkeit aus dem Anziehungsbereich des Planeten entfernen oder bei zu geringer Geschwindigkeit auf ihn zurückfallen. Die um den ganzen Umfang der Gaskugel zerstreuten Teilchen werden auf Grund der genannten Zentralkraft in der Bewegung ihres Umlaufs die nach außen fortgesetzt gedachte Äquatorfläche des Planeten von beiden Seiten durchqueren.

Indem die Teilchen von beiden Hemisphären kommend; aufeinander prallen, werden sie sich in der Äquatorebene häufen, sich also in einem verhältnismäßig engen Raume um Saturn sammeln und die Räume zu beiden Seiten leer lassen. In dieser neuen und veränderten Richtung werden sie dennoch dieselbe Bewegung fortsetzen, die sie in freien konzentrischen Kreisbahnen schwebend erhält. Auf diese Weise änderte das Gasgebilde, das den Saturn anfangs kugelförmig umgab, seine Gestalt. Es war zu einer ausgebreiteten Fläche geworden, deren Lage mit dem Planetenäquator zusammenfiel. Diese Fläche nahm die Form eines Ringes an, dessen äußerer Rand durch die Wirkung der Sonnenstrahlen bestimmt wird. Die Sonnenstrahlung zerstreut die Teilchen, die sich bis zu einem bestimmten Abstand vom Planetenmittelpunkt entfernt haben, ähnlich wie Kometenschweife, und zeichnet dadurch die äußere Grenze des Ringes ab.

Der innere Rand dieses Ringes wird durch das Verhältnis der Zentrifugalkraft der Teilchen zur Schwerkraft des Planeten an seinem Äquator bestimmt. Denn in dem Abstand vom Planetenmittelpunkt, wo die Zentrifugalkraft sich mit der Schwerkraft das Gleichgewicht hält, ist die größte Nähe, in der die Gasteilchen nach Kants Meinung Kreisbahnen beschreiben können. Die näheren Teilchen werden exzentrische Bahnen beschreiben, die einander durchkreuzen, und wo ein Teilchen die Bewegung des anderen schwächt, bis sie endlich auf den Planeten niederstürzen.

Die Ausbildung eines konzentrischen Ringes wie beim Saturn könnte nach Kants Ansicht bei jedem Kometen auftreten, sofern er eine genügend große Achsendrehung besäße. Würde sich der Komet in einer genügend großen Entfernung von der Sonne befinden, in der sein Körper allmählich abkühlen würde, könnte ebenfalls eine Ringbildung eintreten. Diese Auffassung entsprach der Lehrmeinung in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts, in der Kometen noch als massereiche, planetenähnliche Körper angesehen wurden.

Nach Kant ist die Beleuchtungsstärke des Saturnringes so groß, daß der Saturntag durch ihn merklich und die Saturnnacht erheblich aufgehellt wird. Die Untersuchungen H. Seeligers im Jahre 1893 haben diese Auffassung Kants bedingt bestätigt (3).

Kant versuchte die Rotationsdauer des Saturn aus den Verhältnissen seines Ringes zu berechnen. Die Geschwindigkeit, mit der die Teilchen in seinem inneren Rande umlaufen, soll gleich der sein, die der Planet an seinem Äquator besitzt. Man kann aber die Geschwindigkeit auf Grund der Keplerschen Gesetze finden, indem man sie aus den hellen Saturntrabanten berechnet. Aus den Bahnelementen der zwei hellsten Saturntrabanten erhält man für einen Satelliten auf dem Planetenäquator eine Umlaufzeit von 4 h 11 m 24 s. Kant hatte eine größere Rotationszeit von 6 h 29 m 53 s erhalten. Leider gibt er keine Einzelheiten der Rechnung an. Es ist nur anzunehmen, daß Kant hierfür die von Huygens bestimmte Umlaufzeit des Saturnmondes Titan von 15 d 22 h 40 m (heutiger Wert 15 d 23 h 15 m) benutzt hat. W. Herschel beobachtete 1794 an Hand von Flecken auf der Planetenscheibe die Rotationszeit zu 10 h 16 m (4). Sie stimmt mit der heutigen von 10 h 14 m recht gut überein.

Unter der Voraussetzung, daß der Saturnring eine Häufung von Gasteilchen sei, die in konzentrischen Kreisbahnen den Planeten umlaufen, haben diese Teilchen nicht in allen ihren Entfernungen vom

Planetenmittelpunkt die gleichen periodischen Umlaufzeiten. Vielmehr verhalten diese sich wie die Quadratwurzeln aus den dritten Potenzen ihres Abstandes, wenn sie sich durch die Gesetze der Zentralbewegung erhalten sollen. Nach Kant beträgt die Umlaufzeit der Teilchen des inneren Randes ungefähr 10 Stunden, die des äußeren Randes etwa 15 Stunden; wenn die inneren Teile des Ringes ihren Umlauf dreimal vollenden, haben es die entferntesten nur zweimal getan. Würden durch die Wechselwirkung der Teilchen die inneren langsamer und die äußeren schneller umlaufen, bis schließlich alle Teilchen die gleiche Umlaufzeit besäßen, d. h. würden sie sich gegeneinander in Ruhe befinden, dann müßte ein solcher Zustand den Ring völlig zerstören.

Man darf dieses Instabilwerden des Ringes nicht befürchten, wie G. W. Hill im Jahre 1876 zuerst gezeigt hat (5). Nach Kant haben die Ursachen, die ihn zerstören könnten, einen stabilen Zustand dadurch herbeigeführt, daß er in einige konzentrische Ringe geteilt ist, die infolge der Zwischenräume keine Verbindung mehr untereinander haben. G. W. Hill hat in der genannten Arbeit gezeigt, daß an bestimmten Kommensurabilitätsstellen des Ringes keine Teilchen mehr vorhanden sein können. Waren an den Kommensurabilitätsstellen ursprünglich Teilchen vorhanden, so sind sie infolge der störenden Kräfte aus den genannten Stellen herausgewandert. Nach Kants Ansicht könnte man auch die Zahl der Kreise und die Breite ihrer Zwischenräume ausrechnen, wenn bekannt wäre, wie stark die Teilchen miteinander in Wechselwirkung stehen.

Kant hatte die feste Zuversicht, daß seine Vermutungen einmal durch wirkliche Beobachtungen bestätigt werden würden. Im Jahre 1703 hatte J. Bradley mit einem verbesserten Newtonschen Fernrohr den Saturn beobachtet. Für ihn hatte das Bild des Ringes den Anschein, als sei es eine Zusammensetzung von vielen konzentrischen Ringen, die durch Zwischenräume getrennt wären.

Im Jahre 1705 hatte Cassini eine Bestätigung des Bradleyschen Vermutung gegeben. Cassini hatte die Ansicht geäußert, daß der Saturnring ein Schwarm kleiner Trabanten sein könnte, die vom Saturn ebenso anzusehen wären, wie die Milchstraße von der Erde aus erscheint. Diesen Gedanken bestätigten die Beobachtungen, die in den Jahren danach gemacht worden waren, als der Ring des Saturn breiter und weiter geöffnet schien. Man sah die Breite des Ringes durch eine dunkle elliptische Linie in zwei Teile geteilt, deren nächster Teil nach der Kugel zu heller war als der entferntere.

Kant untersucht zum Schluß des 5. Hauptstückes seines Werkes die Ursache, warum kein anderer Planet außer Saturn einen Ring erhalten hat. Er begründet seine Ansicht damit, daß ein Ring aus den leichtesten Teilchen eines Planeten entstanden ist, und die Achsendrehung des Planeten diesen Teilchen den Impuls geben muß, den sie nur in die entsprechende Höhe mit fortzutragen haben. Da die Teilchen mit dieser Bewegung der Gravitation des Planeten gerade das Gleichgewicht halten können, kann man durch Rechnung bestimmen, zu welcher Höhe die Teilchen aufsteigen müssen, wenn sie sich in freier Kreisbahn erhalten sollen, sobald der Durchmesser des Planeten, seine Rotationszeit und seine Schwerbeschleunigung auf seiner Oberfläche bekannt sind.

Mit dem Gesetz der Zentralbewegung wird die Entfernung eines Körpers, der um einen Planeten mit einer dessen Rotationszeit gleichen Geschwindigkeit in einer Kreisbahn umläuft, in gleichem Verhältnis zum Planetenradius sein, wie die Fliehkraft am Planetenäquator zur Schwerkraft. Aus diesen Gründen war die Entfernung des inneren Saturnringrandes wie 8, wenn der Radius desselben wie 5 angenommen wird, oder wie die Zahlen 32:20, die das Verhältnis der Schwerkraft und der Fliehkraft am Planetenäquator ausdrücken.

Besäße der Planet Jupiter einen auf diese Art entstandenen Ring, würde dessen kleinster Halbmesser den Jupiterradius zehnmal übertreffen. Dies wäre eine Entfernung vom Planeten, die der des vierten Jupitermondes entspricht. Kant vermutet, daß die Gasteilchen sich nicht so weit von Jupiter entfernen können, um einen Ring zu bilden. Auch nimmt er an, daß ein Ring in so großer Entfernung von einem Planeten instabil wäre. Bei der Frage, warum die Erde keinen solchen Ring erhalten hat wird man ähnlich wie bei Jupiter die Beantwortung in der Größe des Halbmessers finden, den sein innerer Rand haben müßte, nämlich 289 Erdradien.

Bei den langsamer als Saturn bewegten äußeren Planeten entfernt sich die Bildung eines Ringes noch weiter von der Möglichkeit. Es bleibt also außer Saturn kein Planet übrig, der auf die beschriebene Weise einen Ring erhalten konnte. Laplace hatte als erster die Vermutung ausgesprochen, daß ein fester Ring instabil sei, aber erst im Jahre 1857 gelang es J. C. Maxwell und E. Roche, exakte Beweise dafür zu liefern. Es blieb nur die Möglichkeit, daß der Ring aus einem direkten Schwarm meteoritenartiger Körper besteht, die den Planeten in der Äquatorebene auf Kreisbahnen von verschiedenem Durchmesser umlaufen. Diese Theorie ist später mit Hilfe der Spektralanalyse bewiesen worden. Aus der Verschiebung der Spektrallinien konnte man die Rotationsgeschwindigkeit des Saturn bestimmen, sowie nachweisen, daß die Umlaufgeschwindigkeit der Teilchen des Ringes von der inneren zur äußeren Begrenzung abnimmt, wie das dritte Keplersche Gesetz es verlangt. Man kennt heute drei verschiedene Ringteile. Der äußere A-Ring wird durch die Cassini-Teilung von dem sehr breiten und hellen B-Ring getrennt. Dieser geht an seinem inneren Rande in den innersten C-Ring über. Wahr-

scheinlich gibt es noch einen sehr schwach leuchtenden D-Ring, dessen innerer Rand bis zur Saturnoberfläche reicht. Die Masse des Saturnrings ist erst im Jahre 1938 von H. Buerius in seiner Arbeit über die Theorie des Saturnrings zu 1/23000 der Saturnmasse ermittelt worden (6).

Literatur:

[1] Wolf, R.: Handbuch der Geschichte der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur, 4. Halbband S. 470–472, Zürich 1893. – [2] Jackisch, G.: Der Beitrag von I. Kant zur Entwicklung der Planetenkosmogonie, Astronomie in der Schule, H. 1 (1974). – [3] Zinner, E.: Geschichte der Sternkunde, S. 517, Berlin 1931. – [4] Wolf, R.: Handbuch der Geschichte der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur, 4. Halbband, S. 473, Zürich 1893. – [5] Hill, G. W.: American Journal of Mathematics, I, 16. – [6] Buerius, H.: Theorie des Saturnrings, Astronomische Nachrichten 263, 138.

Funknotrufe über Satelliten

H. D. NAUMANN

Jährlich verschwinden noch Schiffe spurlos auf den Weltmeeren, werden abgestürzte Flugzeuge erst nach langwierigen und zeitraubenden Suchaktionen geortet, müssen Expeditionen oder Bergsteiger in Gebirgs-, Schnee- oder Gletschermassiven als verschollen registriert werden. Oft können Hilfeleistungen zu spät, da die Rettungsstationen mit großer Zeitverzögerung Informationen vom Unfallgeschehen erhalten. Vielfach bleiben die genauen Unglücksorte unbekannt, von den Verunglückten fehlen jede Spuren. Die Methoden der Funknotrufe bei derartigen Unfällen und Katastrophen sind heute noch recht unvollkommen. Vielfach werden diese nicht aufgefangen, da in den verwendeten Grenz- und Kurzwellenbereichen starke atmosphärische und solare Störungen Schwunderscheinungen oder gänzliche Unterdrückung verursachen. In den meisten Fällen aber sind die Verunglückten gar nicht mehr in der Lage, Funksignale auszusenden.

Durch den Einsatz von Relaisatelliten, die im nahezu störungsfreien Mikrowellenbereich arbeiten, sowie automatisch arbeitender Funknotrüber, mit denen Schiffe, Flugzeuge und Expeditionen ausgerüstet werden und die im Katastrophenfall automatisch Notrufsignale aussenden, hofft man, künftig Such- und Rettungsaktionen effektiver zu gestalten sowie Such- und Rettungszeiten herabsetzen zu können, um Verunglückten schnellere Hilfeleistung zukommen zu lassen. Für die Raumfahrttechnik eröffnet sich hier ein neues und perspektivisch interessantes Anwendungsgebiet im Dienste der Menschheit.

Erste Vorschläge zum Einsatz von Satellitensystemen für die Lokalisierung von Unglücksstellen und die Rettung Überlebender wurden bereits 1964 gemacht. Mit dem US-Patent 3.063.048 wurde in den USA Lehan und Brown ein Verfahren zur funkttechnischen Lokalisierung Schiffbrüchiger mit Satelliten patentiert (1). (Abb. 1). Im gleichen Jahr schlug der Leiter des Biotechnischen Labors des Medizinischen Forschungszentrums London, H. Wolff, vor, ein Satellitensystem zur funkttechnischen Ortung Überlebender von Schiffs- und Flugzeugkatastrophen zu schaffen. Nach seinem Vorschlag sollten alle Schiffe und Flugzeuge mit Funkbojen ausgestattet werden, die sich automatisch vom Wrack lösen und bei Wasserung auf einem aufblasbaren Floß treiben. Die durch in etwa 960 km Höhe auf Polarbahnen umlaufenden Satelliten aufgenommenen Signale sollten der Standortermittlung der Boje sowie der Einleitung von Rettungsmaßnahmen durch Weiterleitung an Bodenstationen dienen. Wolff schlug weltweit etwa 30 bis 50 Bodenstationen vor. Mit diesen Vorschlägen wurden die wesentlichsten Grundzüge derartiger Funknotrufsysteme fixiert.

Seitdem wurden eine Reihe von Einzelexperimenten durchgeführt. Seit 1975 sind die ersten Projekte in Angriff genommen worden, die eine experimentelle Testung im Komplex zum Ziel haben, einschließlich der Entwicklung entsprechender Notrufbojen.

Daß die Entwicklung der Nachrichtensatelliten heute einen Leistungsstand erreicht hat, der technisch die Voraussetzungen für die Einführung und kommerzielle Nutzung bietet, bewiesen einige interessante Experimente der jüngsten Zeit. So gelang es dem Amerikaner R. E. Anderson, vom Forschungszentrum der General Electric Corp. aus mit einfachsten Mitteln einen Via-Satellit-Kontakt zum Radio-Optical Observatory bei Schenectady im USA-Staat New York herzustellen. Als Sender benutzte Anderson ein normales Handfunksprechgerät von 5 W Ausgangsleistung und 8 km Reichweite. Als Satellit diente der über dem Amazonasgebiet stationierte Synchronsatellit ATS-3. Die Sendeantenne bestand aus dem Gerüst eines faltbaren Golf-Sonnenschirms, in das spiralförmig gewendelte Leiter als aktive Strahler eingesetzt waren. Durch rhythmisches Ein- und Ausschalten gelang dabei die Übermittlung von Morsezeichen. Mit Hilfe des 300 Watt-Senders des Radioobservatoriums gelang es sogar, Sprachsignale von hier zum Handfunksprechgerät zu übermitteln, dort zu empfangen und abzuhören (3).

Ähnlich demonstrativ ist das Experiment eines ehemaligen NASA-Ingenieurs, der mit einer dreiköpfigen Familie in einem Segelboot eine 30tägige Fahrt durch das Bermuda-Dreieck unternahm und dabei 965 km zurücklegte. An Bord des Bootes war ein Radiosonden-Sender installiert, mit dem täglich zweimal für 3,5 Stunden Funkkontakt über den Wettersatelliten Nimbus 6 zum Goddard-Space-Flight-Center bestand. Mit Hilfe der im Minutenrhythmus automatisch gefunkten Signale konnte in der Bodestation innerhalb einer Stunde die Bootsposition bei 40% der empfangenen Signale mit 2 km Genauigkeit ermittelt werden. Die mittlere Genauigkeit aller Positionsbestimmungen lag bei 5 km (4).

Das erste großangelegte Projekt zur Funkortung von Unglücksstellen mit Satelliten läuft derzeit in Kanada (5). Es soll besonders in den entlegenen Gebieten des Landes Bergungs- und Rettungsarbeiten bei Flugzeugabstürzen verkürzen und effektiver gestalten. Bereits seit Januar 1975 werden in Kanada alle Flugzeuge mit Notrufsendern ausgestattet, die auf der internationalen Notruffrequenz 121,5 MHz senden und beim Absturz den Betrieb automatisch für mindestens 10 Stunden aufnehmen. Durch den Einsatz von Satelliten (Abb. 2) soll es möglich sein, die Unfallstelle innerhalb von 5 Minuten nach Empfang der ersten Signale durch die Bodenstationen bis auf 70, innerhalb von 15 bis 20 Minuten bis auf eine Meile genau zu ermitteln, im Gegensatz zu 30 Meilen beim bisherigen Verfahren der Ortung durch kreuzfliegende Flugzeuge.

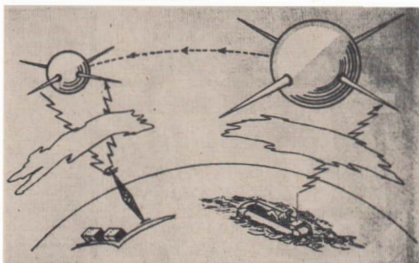
Das als Experiment laufende SARSAT-Projekt (SARSAT, Abk. für Search And Rescue Satellite) führt das „Communications Research Centre“ (CRC) der kanadischen Fernmeldebehörde durch. Es nutzt den Amateurfunksatelliten OSCAR 6 der „Amateur Satellite Corp.“ AMSAT, der auf einer polaren Bahn umläuft und eine Empfangsfrequenz von 146 MHz sowie eine Sendefrequenz von 29 MHz hat. Die Standortbestimmung erfolgt auf der Grundlage des Dopplereffektes. Das Signal des Notrufsenders wird vom Satelliten empfangen und zu einer Bodenstation abgestrahlt. Hier erfolgt die Auswertung durch einen Computer,

Abb. 1:
Beschreibung und Illustration des
US-Patents 3.063.048 „Radio-
ortung mit Satelliten“ in der Zeit-
schrift „Radio-Electronics“ 2/64.



Radiolocation by Satellite

PATENT No. 3,063,048
Frank W. Lehm, Glendale, and Cyrus L. Brown,
Los Angeles, Calif. (Assigned to Space-General
Corp., Glendale, Calif.)



Shipwrecked survivors or lost men comes can be quickly located with the aid of orbiting satellites. A constant-frequency signal, transmitted from a drifting lifeboat or other source, is recorded together with time markers generated in the satellite. Due to Doppler effect, the frequency undergoes maximum rate of change at the instant the satellite

and the source are closest. Later, the satellite passes over a receiving station and the signal is played back. The time markers show the exact instant when the frequency underwent its maximum rate of change. Calculation will disclose where the satellite was at that instant. This idea is in many ways simpler than earlier ones

Abb. 2:
Prinzip eines satellitengestützten Such- und Rettungssystems.

Prinzip eines satelliten- gestützten Such- und Rettungssystems

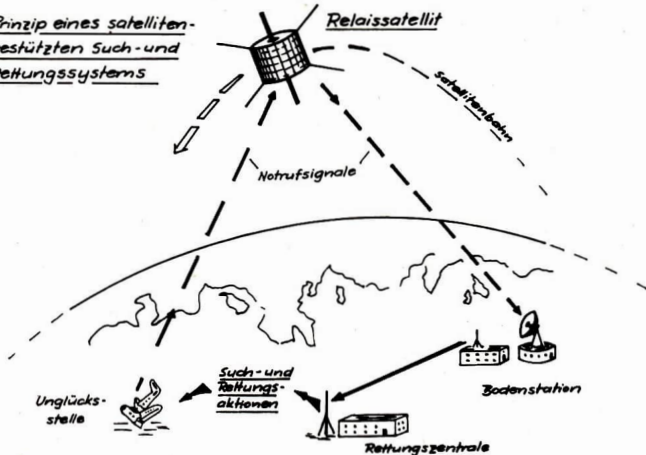


Tabelle 1: Daten der MARISAT-Satelliten

	Marisat 1	Marisat 2	Marisat 3
Astron. Bezeichnung	1976-16A	1976-53A	1976-101A
Start	19. 2. 76	10. 6. 76	14. 10. 76
Standort	Atlantik	Pazifik	Ind. Ozean
Perigäum [km]	35 703	35 788	35 050
Apogäum [km]	35 867	35 807	36 525
Bahnneigung [°]	2,4	2,5	2,5
Umlaufzeit [min]	1436,1	1436,6	1436,2
Form		Zylinder	
Durchmesser		1,9 m	
Länge		2,4 m	
Umlaufmasse		362 kg	

der aus der Form der Dopplerkurve die Position ermittelt, die nach Korrekturen und Aufbereitung weiter verbessert wird. Zur Ermittlung der Satellitenbahndaten kann die Bodenstation sogenannte Ranging-Signale ausstrahlen. Die Ziele dieses Experiments sind vor allem:

- Sammlung von Erfahrungen mit satellitengestützten Such- und Rettungssystemen,
- Untersuchung der Eignung polar umlaufender Satelliten,
- Ermittlung technischer Probleme,
- Informationssammlung für die Systemdefinition und Leistungsfähigkeit der Systemkomponenten.

Neben der Verwendung polar umlaufender Satelliten steht für Notruffunkdienste der Einsatz geostationärer Satelliten zur Diskussion und hat die wohl größeren Aussichten auf Realisierung auf der Basis international vertraglich geregelter Abkommen, die eine unabhängige Voraussetzung auch für derartige Systeme im internationalen Maßstab bilden. Diese Satellitentypen bieten den Vorteil, daß mit drei Satelliten eine ständige Überwachung aller Teile der Erdoberfläche außer den Polargebieten nach Funknotrufen möglich ist.

Sowohl Experimente als auch eine kommerzielle Realisierung sind im Rahmen von Seefunksatellitensystemen geplant [6]... [9]. Es handelt sich hierbei um bewegliche Funkdienste, die dem Nachrichtenverkehr zwischen Hochseeschiffen und Küstenstationen via Satelliten dienen. Ihre Notwendigkeit ergibt sich daraus, daß der heute im Mittel-, Grenz- und Kurzwellenbereich abgewinkelte Seefunk weder quantitativ dem ansteigenden Nachrichtenverkehr noch qualitativ wegen der zahlreichen Beeinträchtigungen durch schwankende Ausbreitungsbedingungen den zu stellenden Anforderungen der sich rasch ausweitenden Hochseeflotte entspricht. Aus diesen Gründen wurde bereits 1969 durch die internationale Schifffahrtsorganisation IMCO der Beschluß zur Bildung einer Expertengruppe gefaßt, die die technische, ökonomische und organisatorische Vorbereitung

eines solchen, als INMARSAT bezeichneten Systems vornehmen sollte. 1976 tagte unter Schirmherrschaft der IMCO in London ein internationales Gremium, das für die Schaffung eines solchen Systems und einer entsprechenden internationalen Organisation den Grundstein legte. 1979/80 wird mit der offiziellen Indienststellung gerechnet. Dabei ist neben der Abwicklung des normalen Nachrichtenverkehrs auch die Übertragung von Notrufen, zunächst für den Schiffsverkehr, geplant. Experimente zu einem solchen System laufen derzeit mit Hilfe des amerikanischen MARISAT-Systems, dessen drei geostationäre Satelliten 1976 gestartet wurden (Tab. 1), zunächst aber vorwiegend militärischen Zwecken dienen. Bei der Frequenz von 1,6 GHz ist ein schmalbandiger Kanal reserviert, der der experimentellen Übermittlung von Funknotrufen abgeworfener Bojen und Rettungsboote dient. Gleichen Zwecken dient auch der Experimentalsatellit MAROTS der ESA, der im Herbst 1977 in den USA gestartet werden soll und zu dessen Aufgaben die vorangige Übertragung von Seenotmeldungen gehört.

Zusammenfassung

In der weltweiten Überwachung des Erdballs nach Funknotrufen verunglückter Schiffe, Flugzeuge, Expeditionen oder sonstige in Not Geratener durch Satelliten eröffnet sich ein weiteres nutzbringendes und humanitäres Einsatzgebiet von Satelliten. Die Satellitentechnik besitzt heute die technischen Voraussetzungen zur Verwirklichung derartiger Funknotruffunkdienste. Die Entwicklung geeigneter, automatisch arbeitender Notruffunksignale bedarf ebenso experimenteller Arbeiten und Tests wie die Systemauslegung und -optimierung. Z. Zt. laufen dazu verschiedene Experimente auf nationaler und internationaler Ebene. Im Zeitraum 1979/80 wird mit dem Beginn des etappenweisen Auf- und Ausbaus entsprechender Systeme auf internationaler Ebene gerechnet, deren Realisierung im Rahmen der geplanten Seefunksatellitensysteme zu erwarten ist.

Literatur:

[1] Lehan, F. W., Glenn, L. B.: Radiolocation by Satellite US-Patent Nr. 3.068.048 ref. in Radio-Electronics, 35 (1964) 2, S. 92. - [2] Satellitensystem zur Rettung Schiffsbrüchiger, Elektronik, 13 (1964) 10, S. A 35. - [3] Funknotruf über Satelliten, NTZ, 30 (1977) 5, S. 364. - [4] Satellitennutzung, Fliegerrevue, (1977) 7, S. 297. - [5] Schwarz, B.: Sarsat - satellitengestütztes Such- und Rettungssystem in

Kanada, Funkschau, 48 (1976) 25, S. 1113 - 1115. - [6] Exner, D.: Satellitensystem für den Seefunkdienst, NTG-Fachberichte, 52 (1975), S. 37 - 44. - [7] Marisat und Marots, Schiffsfunk über Satelliten, Funkschau, 49 (1977) 1, S. 34 bis 36. - [8] Exner, D.: Seefunk-Satelliten, NTZ, 30 (1977) 5, S. 396 - 398. - [9] Kahl, K.-H.: Nachrichtensatelliten im Dienste der Seeschifffahrt, Die Deutsche Post, 22 (1977) 1, S. 7-8.

Suche: Astro-Objektiv AS 980/1200. R. Noack, 806 Dresden, Großenhainer Str. 12

Zeiss-Gasgrain 150/900/2250 mit parall. Montierung Ib und Säule verkauft für 3000,- M: J. Mosch, 825 Meißen, Gartenstraße 16

Verkaufe: Neww. astron. Fernrohr Telemontor (1150,- M), W. Rudolph 915 Stollberg Pestalozzistr. 4

Refraktor 63/840 Telemontor auf Säulenstativ mit viel Zubehör, Sonnenfilter, NG-Filter, Okularrevolver, Mond- und Planetenkamera usw., Baujahr 1975, neuwertig. Neupreis 3390,- M zum Preis von 2900,- M an Selbstabholler zu verkaufen. Auch auf Teilzahlung. Gerhard Dittmann, 5305 Kranichfeld, Obergasse 22



Abb. 1: NGC 1976 (M42), 1976, Februar 28, 20.28-20.43, SK 350/500/1000, NP 27 Planfilm, A. Wedel.



Abb. 2: NGC 6853 (M27), 1975, Juli 30, 00.04-01.44, SK 350/500/1000, FU 5 Planfilm. J. Rendtel.

Zum Beitrag S. 177



Abb. 3: NGC 869, NGC 884, 1975, August 07, 00.52-01.12, SK 350/500/1000, NP 27 Planfilm, J. Rendtel.

Zum Beitrag S. 177

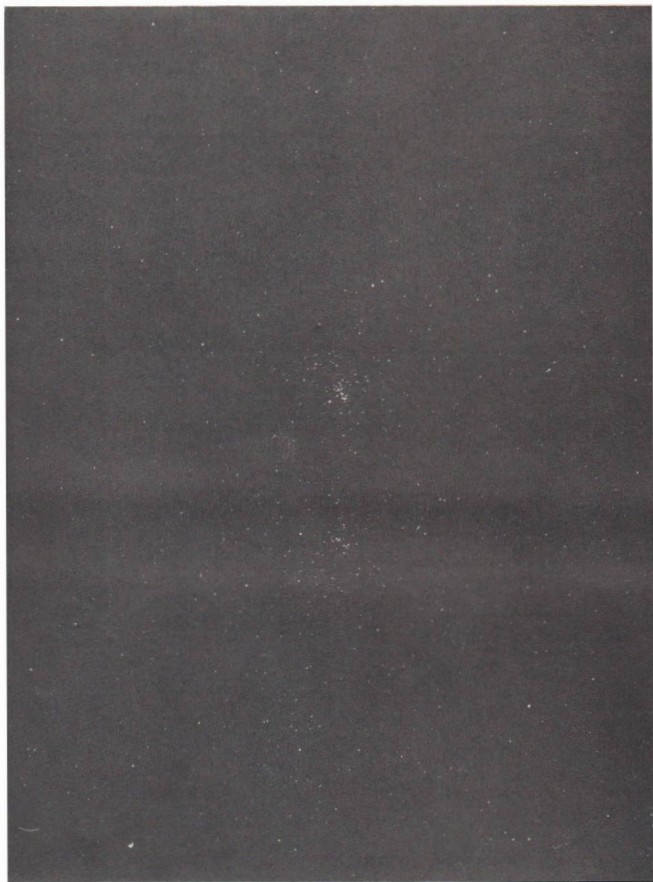


Abb. 4: NGC 869, NGC 884, 1975 Juli 29, 00.55-01.55, SK 350/500/1000, FU 5 Planfilm. J. Rendtel.

Zum Beitrag S. 177

Vorläufige Sonnenfleckenzahlen 1977 – Juni bis August

Tag	Relativzahlen R			Tag	Relativzahlen R		
	Juni	Juli	August		Juni	Juli	August
1	44	42	17	17	8	0	36
2	43	45	15	18	21	0	40
3	48	42	24	19	36	7	35
4	49	39	19	20	21	8	30
5	40	40	23	21	26	8	32
6	33	40	26	22	40	23	42
7	41	25	28	23	57	30	15
8	38	20	25	24	60	45	19
9	33	17	30	25	74	38	25
10	29	23	25	26	71	41	34
11	27	9	23	27	74	34	38
12	22	8	29	28	65	26	36
13	20	10	40	29	50	16	38
14	25	7	40	30	45	8	32
15	8	0	42	31		7	31
16	8	0	38	Mittel	38,4	21,2	20,9

Prof. Dr. M. WALDMEIER

Amateure beobachten und berichten

Erfahrungen mit dem 50-cm-Schmidt-Spiegel der Sternwarte Babelsberg

J. RENDTEL/A. WEDEL

Im Jahre 1971 wurde der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“, Potsdam, eine Schmidt-Kamera von der Sternwarte Babelsberg zur Verfügung gestellt. Diese hat folgende optische Daten: 500 mm Spiegeldurchmesser, 1000 mm Brennweite und 350 mm Korrektionsplattendurchmesser. Als Leitrohr dient ein Refraktor 150/1500 mit 10-mm-Okular und Dunkelfeldbeleuchtung auf einem Kreuzschlitten. Zusätzlich befindet sich noch ein Sucher (50/300) mit rund 4° großem Gesichtsfeld am Gerät. Die Nachführung erfolgt durch einen hochtourigen Uhran-Motor (2000 min⁻¹). In Rektaszension werden kleine Korrekturen mit Hilfe einer elektrischen Feinstbewegung ausgeführt; in Deklination ist keine gerätsbedingte Korrektur nötig. Am Leitrohr haben wir einen Kinokopf befestigt, so daß eine Kleinbildkamera zusätzlich angebracht werden kann. Somit können Vergleiche zwischen Großaufnahme und Kleinbildaufnahme über Auflösung, Kontrast und Hintergrund durchgeführt werden. Auch besondere Erscheinungen (Meteore, Satelliten) werden so registriert. Außerdem kann die Kleinbildaufnahme dazu beitragen, unerklärliche Effekte auf der Großaufnahme (z. B. Reflexe) eindeutig zu identifizieren.

Ein besonderer Vorzug des Schmidt-Systems sind die zeichnungsfreie Abbildung der Sterne und der hohe Kontrast der Aufnahmen. Ein Handicap für unsere Arbeit stellt der Spiegelzustand dar. Es erfolgte schon jahrelang keine Neuverspiegelung, so daß der Hauptspiegel bereits seit Beginn unserer Tätigkeit matt ist. Dadurch sinken Reichweite und Kontrast erheblich ab (vgl. Abb. 1). Unser Testprogramm beinhaltete daher meist helle Objekte, wie z. B. NGC 869/884, M 45, M 103, M 27, M 57, M 42. An Nebeln haben wir oft negative Erfahrungen gemacht (NGC 7000, NGC 7293). Bei einer Reichweitenbestimmung (Plejadensterne, [1]) konnten nach 15 min Belichtung unter günstigen Luftverhältnissen Sterne bis 13^m abgebildet werden (NP 27!).

Aufnahmematerialien

Wir arbeiten nicht mit speziellen Astroemulsionen, da uns Platten mit einer Dicke von 0,6...0,8 mm nicht zur Verfügung stehen. Das Format beträgt 69 × 69 mm, wovon ein kreisförmiges Feld von 63 mm Durchmesser zur Abbildung dient. Bisher wurden NP 27, NP 20, FU 5 und FO 6 (als Planfilm) verwendet. Entwickelt wurden alle in R 09 in Verdünnung 1 + 100, 35 min lang. Hierdurch wurden Voraussetzungen für spätere Vergleiche geschaffen; in der angegebenen Verdünnung erfolgt eine günstige Beeinflussung des Korns [2] und eine Schleierbildung ist nicht zu verzeichnen.

Die oberen Belichtungszeiten liegen – mondlosen Himmel, dunklen Himmel (Nähe von Potsdam und Westberlin) und gute Durchsicht vorausgesetzt – bei drei Stunden für unsensibilisierte fototechnische Emulsionen und bei einer Stunde für empfindliche panchromatische Filme. In diesen Fällen ist der Kontrast noch ausreichend groß. Bei FU 5 ist beispielsweise das 100 min belichtete Negativ vom Hantelnebel (Abb. 2) völlig klar. Der Einsatz solcher Materialien ist aber als „Rettungsversuch“ anzusehen, denn er erfordert sehr lange Belichtungen (z. T. weit über 1,5 Stunden). Eine unsensibilisierte Emulsion ist auch mit ORWO Desensibilisator D 903 herstellbar. Dadurch kann der Einfluß von Streulicht (Mond und künstliche Lichtquellen) verringert werden. Jedoch setzen lange Belichtungen stets genaue und gut handhabbare Nachführung voraus. Sehr deutlich sind die Unterschiede zwischen den typischen Repromaterialien und den panchromatischen Filmen NP 20 und NP 27 bezüglich des Korns (s. Tabelle) [3].

Tabelle

	NP 20	NP 27	fototechn. Film
mittlerer Korndurchmesser	0,8 μm	1,67 μm	0,38 μm
Körner je cm^2	0,94 · 10 ⁹	0,48 · 10 ⁹	4,30 · 10 ⁹

Damit ist eine hohe Auflösung (z. B. bei Sternhaufen, besonders bei Kugelsternhaufen) möglich. Das ist bereits im Zentrum der beiden offenen Sternhaufen NGC 869 und NGC 884 (Abb. 3 und 4) gut erkennbar.

Schließlich wurden einige Aufnahmen mit Negativ-Farbfilm NC 19 angefertigt. Es ist vorgesehen, über diese Ergebnisse in der Zeitschrift „Fotografie“ zu berichten.

Schlußfolgerungen

Je nach dem gestellten Ziel muß das geeignetste Aufnahmematerial ausgesucht werden. Die Belichtungszeiten müssen natürlich für jedes Instrument (d. h., für jede Instrument-Emulsions-Kombination) individuell ermittelt werden. Mit verschiedenen Verfahren lassen sich die Resultate verbessern, aber auch mit „Notlösungen“ sind für einige Aufgaben (wie in unserem Falle für Sternhaufen) noch gute Ergebnisse möglich.

Literatur:

[1] Marx, S.; Pfau, W.: Sternatlas 1975. Leipzig 1974. – [2] Göpel, N.: Entwickeln. Leipzig 1971. – [3] Teicher, G.: Handbuch der Fototechnik. Leipzig 1974.

Zur Sonnenfleckentätigkeit 1976

A. GEISSHIRT-LING

Beobachtet wurden die Sonnenflecken mit einem 63/840-mm-Refraktor in Potsdam. Dabei wurde ausnahmslos mit dem Projektionsschirm gearbeitet, um eine Überstrahlung des Sonnenbildes zu vermeiden. Meinen Ergebnissen liegt eine Beobachtungsreihe von etwa 400 Beobachtungen an 292 Tagen zugrunde.

Im gesamten Beobachtungszeitraum konnte ich 63 Gruppen zählen. Davon hatten 32 (!) – das sind etwa 50 % – nur eine kurze Lebensdauer, die einen Tag nicht überstieg. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, nimmt mit zunehmender Lebensdauer der Fleckengruppen ihre Anzahl ab.

Tabelle 1

Die Monatsmittel der Relativzahlen für 1976

Jan. 6,5 (8,1)	Mai 11,5 (12,4)	Sept. 15,8 (13,5)
Febr. 5,4 (4,3)	Juni 13,3 (12,2)	Okt. 27,1 (20,6)
März 25,4 (21,9)	Juli 8,0 (1,9)	Nov. 4,9 (5,2)
April 26,7 (18,8)	August 22,5 (16,4)	Dez. 14,4 (15,3)

Jahresmittel: 15,1 (12,6)

Werte in () sind die Monatsmittel der „Definitiven Sonnenflecken-Relativzahlen“ nach Waldmeier, Zürich.

Die Gruppe mit der längsten Lebensdauer, die ich 1976 beobachten konnte, existierte 40 Tage. Der große Fleck wurde das erste Mal am 1. 8. 1976 und das letzte Mal am 10. 9. 1976 gesehen. Seine Position bestimmte ich am 6. 9. bei $l' = 127,8^\circ$ und $b' + 17,9^\circ$ und am 10. 9. bei $l' = 125,0^\circ$ und $b' = +16,0^\circ$. Demnach müßte die Gruppe noch dem alten Zyklus zuzuzählen sein, während die Fleckengruppen des neuen Zyklus alle eine weitaus kürzere Lebensdauer hatten.

Der Begriff „langlebende Gruppen“ soll in diesem Falle die Lebensdauer von mindestens 3 Tagen umschreiben. Daß ein Zusammenhang bestehen muß, ist ohnehin logisch, wenn man bedenkt, daß langlebende Fleckengruppen den Hauptanteil zur Relativzahl beitragen, während die „Eintagsgruppen“ einen geringeren Anteil liefern. Zumindest ist das in Minimumszeiten der Fall.

Beim Vergleich der Anzahl der langlebenden Gruppen und der Monats-Relativzahl fiel mir eine annähernde Proportionalität auf (Abb. 2). Sie läßt sich durch die Formel

$$R = 4,85 \cdot g \pm 3,0 \quad (1)$$

ausdrücken.

Die Differenzen entstehen:

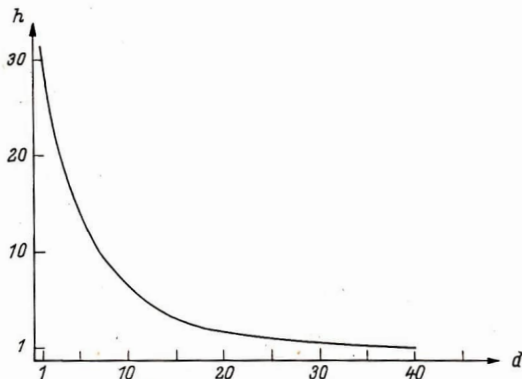
- durch die unterschiedliche Anzahl der Flecken innerhalb der Gruppen und
- durch Beobachtungslücken auf Grund von Schlechtwetterperioden.

Die oben angeführte Formel (1) ist natürlich auf keinen Fall allgemeingültig. Durch den unterschiedlichen k-Faktor einzelner Beobachter bedingt, wird jeder einen anderen Multiplikator für g erhalten. Beispielsweise würde (1) für F. Rümmler (Nessa) folgende Werte annehmen:

$$R = 3,54 \cdot g \pm 4,0$$

Nun glaube ich aber auch, daß der Faktor sich mit der Zunahme der Sonnenaktivität ändern wird, da die Fleckenanzahl einer Gruppe in Maximumsnähe größer sein wird als in Minimumsnähe. Ich werde diese Untersuchungen fortsetzen, um die Vermutung zu prüfen.

Abb. 1:
Die Anzahl der
Fleckengruppen in
Abhängigkeit von der
Lebensdauer.



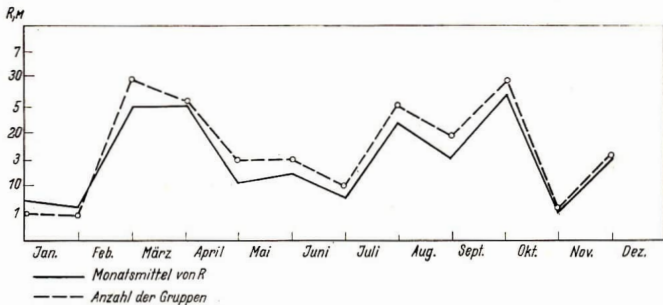
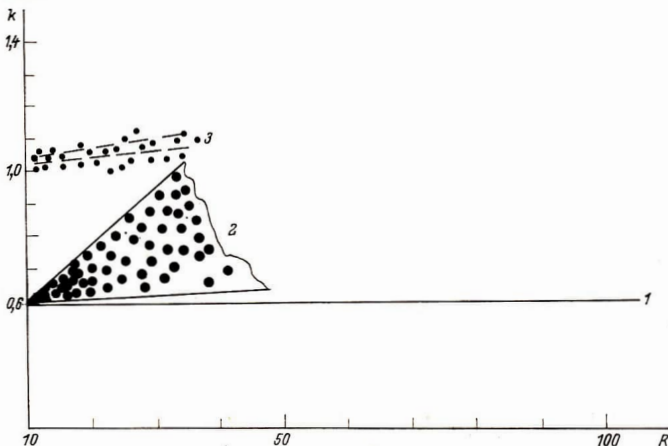


Abb. 2

Astronomische Beobachtungen – ob nun vom Fachastronomen oder vom Amateur ausgeführt – sind nie ganz fehlerfrei. Das trifft natürlich auch bei der Beobachtung der Sonne zu. Ohne alle möglichen Fehler besprechen zu wollen, sei hier auf einen Fehler aufmerksam gemacht, der hauptsächlich von unerfahrenen Sonnenbeobachtern gemacht wird. Da die Sonnenbeobachtung in kurzen Zeitabschnitten vollzogen werden soll, tritt als gefährliche Fehlerquelle die Voreingenommenheit auf. Der Beobachter hat meist noch die letzte Beobachtung im Gedächtnis und ist somit schnell geneigt, die Relativzahl nach „kurzem Hinschauen“ zu notieren. Solche Beobachter werden bei stärkerer Flecken-tätigkeit ein Ansteigen ihres k-Faktors bemerken (Abb. 3).

Die Gerade 1 zeigt die k-Werte einer Fachsternwarte (Zürich). Zum Vergleich dazu ein Ausschnitt der Streuwerte des k-Faktors an einzelnen Tagen von einem ungeübten Beobachter (2) und schließlich die Monatsmittel der k-Faktoren in Abhängigkeit von der Relativzahl (3). Der festgestellte Effekt kann meiner Meinung nach nur durch längere Beobachtungserfahrungen und gewissenhaft durchgeführte Beobachtungen ausgeglichen werden.

Abb. 3



Das Problem der Reichweite in der Astrofotografie

WOLFRAM FISCHER

Vorbemerkungen

In der Fotografie hat man es vornehmlich mit drei Kenngrößen zu tun. Dies sind die Beschaffenheit der benutzten Optik, die Empfindlichkeit und sonstige Eigenschaften des Fotomaterials und die daraus resultierenden erforderlichen Belichtungszeiten. Da man in der Astrofotografie besonders schwache Lichteindrücke festhalten will, ist man gezwungen, diese drei Kenngrößen bis ins Extreme zu steigern; man arbeitet mit immer größeren Optiken, mit empfindlichsten Fotomaterialien und sehr langen Belichtungszeiten.

1. Die Reichweite, eine Frage der Lichtstärke?

Eine zentrale Stellung nimmt die Lichtstärke der Optik ein; denn diese steckt den Rahmen der erreichbaren Möglichkeiten ab. Unter Lichtstärke eines Objektivs wird manchmal landläufig ein Konglomerat von Objektivdurchmesser und Öffnungsverhältnis verstanden. Obwohl unter Lichtstärke allgemein das Öffnungsverhältnis zu verstehen ist, haben beide Begriffe besonders in der Astrofotografie eine gravierende getrennte Bedeutung. Gerade beim Problem der Reichweite, im Zusammenhang von Objektivdurchmesser und Öffnungsverhältnis, stieß ich bei einigen Amateuren nicht nur auf Unkenntnis, sondern sogar auf Unglauben und heftigen Widerspruch.

Vom herkömmlichen Fotografieren ist man gewöhnt, daß sich mit zunehmender Blendenzahl, also Lichtstärke, die Belichtungszeiten verkürzen. Man kommt mit großer Blende selbst bei schwachem Licht immer noch mit geringen Belichtungszeiten aus. Will man diese Denkgewohnheit auch in die Astrofotografie übertragen, so wird es falsch, weiß man nicht zwischen punktförmiger und flächenhafter Abbildung zu unterscheiden. Das einzige Gebiet in der Fotografie, in dem dieses Phänomen so einschneidend wirkt, ist wohl die Astrofotografie. Es wird hervorgerufen durch das Vorhandensein praktisch ideal punktförmiger Lichtquellen, der Fixsterne.

Bei Aufnahmen von Fixsternen hängt die Reichweite (ruhige Luft, gute Nachführung und gleiches Fotomaterial vorausgesetzt) tatsächlich nur von der Objektivöffnung, nicht von der Brennweite bzw. dem Öffnungsverhältnis ab.¹⁾

Mit 100 mm Öffnung und beliebiger Brennweite könnte eine hochempfindliche Platte (ORWO ZU 2) bei idealen Bedingungen und dicht am Schwellenwert etwa folgende Grenzgrößen zeigen:

Tabelle 1

Belichtungszeit	Objektive		
	100/1000	100/400	100/200 (kleine Schmidtamera)
30 min	14,7 mag	14,7 mag	14,7 mag
1 h	15,3 mag	15,3 mag	Kein Grenzgrößengewinn! Wegen der erhöhten Flächenhelligkeit zu starke Plattenverschleierung.
2 h	15,9 mag	15,9 mag	
4 h	16,5 mag		
8 h	17,1 mag		

Beim Fotografieren flächenhafter Objekte verhalten sich die Dinge etwas anders. Kleine Objekte können bei kurzen Brennweiten Bilder auf der Fotoplatte ergeben, die nicht größer sind als die von Sternen. Bei ihnen ist das Verhältnis von Belichtungszeit und Reichweite faktisch das gleiche wie in der vorstehenden Übersicht. Anders wird es, wenn das Objekt auf der Platte eine deutliche Ausdehnung besitzt. In diesem Fall hat das Öffnungsverhältnis, im Hinblick auf die Reichweite, alleinige Bedeutung. Wie kann man dies nun erklären?

1.1. Abbildung flächenhafter Objekte

Beim gewöhnlichen Fotografieren haben wir es fast immer mit der Abbildung flächenhaft ausgedehnter Objekte zu tun. Vergleicht man die Bilder zweier gleichgroßer Objektive mit unterschiedlichen Brennweiten (siehe Abb. 1), so kann man zunächst feststellen, daß bei beiden Optiken die aufge-

¹⁾ Unter Amateurbedingungen ist allerdings auch die Helligkeit des Himmelsintergrundes für die Reichweite von Bedeutung.

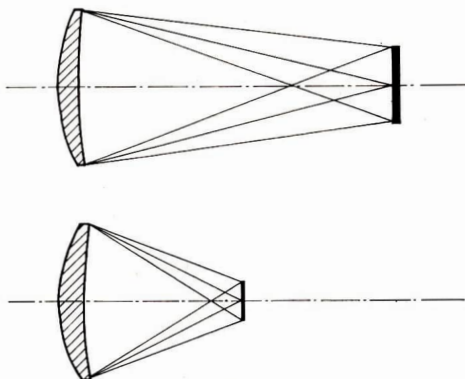


Abb. 1:
Abhängigkeit des Abbildungsmaßstabes von der Brennweite.

fangene Lichtmenge gleich ist. Die Tatsache, daß beide Objektive mit unterschiedlicher Lichtstärke, also Intensität, abbilden, ist nur auf die verschiedengroße Abbildung (Abbildungsmaßstab) zurückzuführen. Die Lichtstärke resultiert also aus der aufgefangenen Lichtmenge (Durchmesser des Objektivs) und der Abbildungsgröße (Abbildungsmaßstab).

Die Abbildungsgröße eines Bildes in der Brennebene ist bekanntlich abhängig von der Brennweite. Mit zunehmender Brennweite wächst der Abbildungsmaßstab. Ist die Brennweite im Verhältnis zum Objektivdurchmesser groß, so wird das entstehende Bild besonders lichtschwach sein, da die aufgefangene Lichtmenge auf eine große Fläche verteilt wird. Wächst die Brennweite auf das Doppelte, so dehnt sich die abgebildete Fläche auf das Vierfache aus und büßt bei gleicher Öffnung um den gleichen Betrag an Intensität ein!

Deshalb ist die Lichtstärke des Bildes dann besonders hoch, wenn die Brennweite im Verhältnis zum Objektivdurchmesser klein ist (Öffnungsverhältnis groß ist). Die aufgefangene Lichtmenge kommt hier durch den kleinen Abbildungsmaßstab sehr konzentriert zur Abbildung.

Dieser „Lichtkonzentrationseffekt“ kennzeichnet also die Größe der Lichtstärke eines Objektivs. Da Objektive mit unterschiedlichen Öffnungen bei gleichem Öffnungsverhältnis stets die gleiche Abbildungsintensität erzeugen, ist für die Reichweite bei flächenhaften Objekten der Objektivdurchmesser völlig uninteressant. Hier gilt einzig und allein das Öffnungsverhältnis. Ein Kleinbildobjektiv mit der Lichtstärke 1:3 ist prinzipiell ebenso lichtstark wie die Schmidtamera des 2-m-Universalspiegels in Tautenburg! Daß man mit einem Kleinbildobjektiv tatsächlich keine schwachen Spiralnebel fotografieren kann, liegt eigentlich nicht an deren geringen Flächenhelligkeiten, sondern an den zu kleinen Winkeldurchmessern (zu geringe Gesamthelligkeit). Dadurch werden diese bei den kurzen Brennweiten als Punkte abgebildet und wirken nicht mehr als Flächen. Solche Objekte verlangen deshalb wie schwache Sterne größere Kameraöffnungen. Jedoch wird ein Kleinbildobjektiv bei dem ausgedehnten Nordamerikanebel die gleiche Schwärzung erzeugen können, wie eine gleichlang belichtete Aufnahme mit dem oben genannten Riesenteleskop.

Das Verhältnis zwischen Objektivdurchmesser und Brennweite, das über Abbildungsmaßstab und Lichtkonzentration entscheidet, ist also bei Abbildung flächenhafter Objekte für die Reichweite maßgebend.

1.2. Abbildung punktförmiger Objekte

Wie verhält es sich nun bei Fixsternen? Sollte die Reichweite bei diesen ebenfalls vom Öffnungsverhältnis abhängig oder zumindest mit abhängig sein, so müßte dies ebenfalls seine Ursache in dem oben beschriebenen Lichtkonzentrationseffekt haben. Dieser hat allerdings seine Ursache in der vom Öffnungsverhältnis abhängigen relativen Abbildungsgröße. Darf man hier einen wirksamen Effekt bei Fixsternen erwarten?

Die scheinbaren Durchmesser der Fixsterne sind unvorstellbar winzig. Sie liegen nur für 6 Sterne

größer als 0,02 und für 11 Sterne zwischen 0,02 und 0,01 Bogensekunden. Für alle anderen Sterne ist er noch kleiner. Die durch die Beugung des Lichtes und die Luftunruhe bedingte Grenze der Auflösung liegt selbst bei den größten Teleskopen bei kaum weniger als einer Bogensekunde. Die beobachtbaren Unschärfescheibchen (Beugungsbilder) der Sterne sind aber derart winzig, daß ihr Durchmesser immer noch weit unter der Auflösungsfähigkeit jedes beliebigen Fotomaterials bleibt. Daß die Sterne auf Himmelsaufnahmen je nach Helligkeit mit unterschiedlichem Durchmesser als Scheibchen abgebildet werden, wird durch Streueffekte auf der Fotoplatte bewirkt und hat nichts mit dem tatsächlichen Durchmesser der Sterne zu tun. Der Winkeldurchmesser eines Beugungsscheibchens (Auflösung) im optisch idealen Fernrohr wird durch den Objektivdurchmesser bestimmt und ist unabhängig von der Brennweite. So hat ein gutes Objektiv mit 80-mm-Öffnung, gleich welcher Brennweite, stets die Auflösungsgrenze von 1,6 Bogensekunden.²⁾

Damit ist noch nichts über die wirkliche Abbildungsgröße (linearer Durchmesser) eines Fixstern-Beugungsscheibchens gesagt. Der lineare Durchmesser eines Beugungsscheibchens ist ebenfalls vom Öffnungsverhältnis abhängig. Ist die Brennweite im Verhältnis zum Objektivdurchmesser groß, so wird die Abbildungsgröße des Beugungsscheibchens ebenfalls groß sein und entsprechend umgekehrt. Diese Erscheinung entspricht dem Gesetz der Lichtstärke bei Abbildung flächenhafter Objekte. Zum Beugungsbild eines Sterns müssen auch die Beugungsringe mitgerechnet werden. Einem bestimmten Öffnungsverhältnis kann man stets einen bestimmten linearen Durchmesser der Beugungsscheibchen zuordnen. Der lineare Durchmesser eines Beugungsscheibchens (in mm) ist bei optisch idealen Fernrohren mit gleichem Öffnungsverhältnis unabhängig vom Durchmesser des Objektivs. Beim Öffnungsverhältnis 1:15 beträgt der lineare Durchmesser immer 0,018 mm (bei $\lambda = 500$ nm). Obwohl die Refraktorobjektive 80/1200 und 150/2250 (beide 1:15) die gleiche Abbildungsgröße der Beugungsscheibchen besitzen, verbirgt sich natürlich dahinter eine unterschiedliche Winkelauflösung, nämlich 1,6 und 0,8 Bogensekunden.

Sollte die Reichweite bei Fixsternen vom Öffnungsverhältnis mitabhängig sein, so müßten allerdings die Beugungsscheibchen erst einmal eine merkliche Ausdehnung auf der Fotoplatte haben, und das haben sie praktisch in keinem Fall. Die Auflösung einer Fotoschicht ist prinzipiell von der Größe der eingelagerten Silberhalogenidkristalle abhängig. Obwohl der durchschnittliche Korndurchmesser einer hochempfindlichen Negativemulsion mit 0,0017 mm angegeben wird, schwärzen selbst die schwächsten Sterne auf Himmelsaufnahmen durch Streueffekte eine große Zahl der lichtempfindlichen Kristalle (Abb. 2). So werden die schwächsten Sterne sicher nicht unter 0,02 bis 0,01 mm Durchmesser abgebildet. Der lineare Durchmesser der Beugungsscheibchen beträgt, wie oben gezeigt, selbst beim Öffnungsverhältnis 1:15 nur 0,018 mm. Da für die Erreichung schwacher Flächenhelligkeiten meist wesentlich größere Öffnungsverhältnisse zum Einsatz kommen, werden die linearen Durchmesser der abgebildeten Sterne von der Optik her im Idealfall noch kleiner sein. Bei einem Öffnungsverhältnis von 1:4,5 werden die Sterne mit einem Durchmesser von nur 0,0054 mm abgebildet. Es ist für die Fotoplatte damit gleich, ob wir Sterne mit 1:15 oder 1:4,5 fotografieren. In beiden Fällen wird das Sternlicht praktisch als Punkt einwirken, dessen Intensität einzig und allein durch den Objektivdurchmesser bestimmt wird.

Diese Gesetzmäßigkeit fand ich auch im folgenden Experiment bestätigt. Ich erzeugte einen künstlichen Stern mit Hilfe einer schwarz überklebten Glühbirne (mit einer Nadel ein feines Loch gebohrt, Durchmesser etwa nur 0,1 mm), deren Eingangsspannung über Voltmeter und Potentiometer kontrolliert werden konnte.

Diesen Stern fotografierte ich nun 2 mal (auf NP 27-Film) mit gleicher Belichtung und der konstanten Objektivöffnung von 8,6 mm. Jedoch besaßen beide Objektive unterschiedliche Brennweiten, nämlich 30 und 122 mm. Die Öffnungsverhältnisse waren also 1:3,5 und 1:14,2. Die Punkte wurden, wie zu erwarten war, genau gleichstark geschwärzt (Abb. 3).

Steigern wir die Brennweite im Verhältnis zur Öffnung ins Extreme, so wird natürlich irgendwann der Punkt erreicht, wo das Beugungsbild tatsächlich eine merkliche Ausdehnung auf der Fotoplatte erreicht. Diese Grenze liegt ungefähr bei einem Öffnungsverhältnis von 1:25. Der lineare Durchmesser der Beugungsscheibchen beträgt erst hier etwa 0,03 mm. Dieser Effekt wird also sicher im Coudé-Fokus des 2-m-Spiegels in Tautenburg bei 92 m Brennweite und einem Öffnungsverhältnis von 1:46 eine Rolle spielen. Die Beugungsbilder sind selbst hier nur 0,055 mm groß.

Daß die Reichweite bei Fixsternen, bei jedem nur denkbaren fotografischen Objektiv, lediglich von der Öffnung abhängig ist, kann man sich auch an visuellen Fernrohrbeobachtungen verdeutlichen. Steigert man an einem Fernrohr mit unterschiedlichen Okularen die Vergrößerung, so wird man einen schwachen Nebel bald nicht mehr wahrnehmen können, da die ohnehin schwache Helligkeit auf eine immer größere Fläche verteilt wird. Beobachten wir nach dem gleichen Verfahren schwache Sterne,

²⁾ Das Auflösungsvermögen eines Objektivs wird berechnet nach $\sin \alpha_1 = 1,22 \cdot \lambda / D$ oder $\alpha_1 = 1378 / D$ (D in cm). Im Beispiel wurde $\lambda = 500$ nm gewählt.

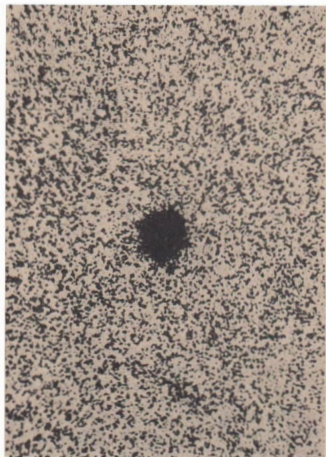


Abb. 2, Bild 1 Film NP 27



Abb. 2, Bild 2 Platte ZU 2

Mikroskopaufnahmen schwacher und schwächster Sterne auf Fotoschichten. Auch die schwächsten Sterne schwärzen eine große Zahl lichtempfindlicher Silberhalogenidkristalle. Aufnahmevergrößerung 225fach.

so kann man trotz steigender Vergrößerung und Ausdehnung des Bildes feststellen, daß man diese immer noch wahrnehmen kann, im Gegenteil mitunter sogar noch schwächere erkennt. Die Beugungsscheibchen bleiben bis zu mittleren Vergrößerungen hin für unser Auge praktisch unvergrößert. Erst wenn man hohe Vergrößerungen wählt, oder gar ins Sinnlose steigert und die Beugungsscheibchen merklich auseinandergezogen sieht, verliert das Sternbild an Helligkeit. Vorher kann uns bei starker Vergrößerung der Effekt der Verdunklung des Himmelshintergrundes durch noch bessere Dunkeladaptation der Augen, noch schwächere Sterne erkennen lassen.

Man kann zu dieser Problematik folgendes zusammenfassend sagen. Wird ein Objekt flächenhaft abgebildet, verhalten sich die Reichweiten nicht wie bei punktförmigen Objekten wie die Quadrate der Öffnungen, sondern wie die Quadrate der Öffnungsverhältnisse. Vergleicht man zwei Spiegel 200/600 (1:3) und 400/2400 mm (1:6), so ergibt bei punktförmigen Objekten das zweite eine um 1,5 mag größere, bei Flächenabbildung aber eine um 1,5 mag geringere Reichweite $[(1/3)^2 : (1/6)^2 = 4 : 1]$.

2. Einfache rechnerische Reichweitenbestimmung von Kameras

Für die Reichweite (Grenzgröße der Fixsterne) einer Kamera ist der Objektivdurchmesser und die Belichtungszeit verantwortlich. Die Empfindlichkeit der Fotoschicht wollen wir als möglichst hoch und konstant ansehen und können diese im weiteren außer acht lassen. Zunächst muß man aber bestimmte Eigenschaften der fotografischen Schichten kennen. So erhebt sich die Frage, wird eine Fotoschicht z. B. bei verdoppelter Einstrahlungsintensität (z. B. größerer Objektivdurchmesser) bei gleicher Belichtung auch doppelt geschwärzt? Wenn dies zutrifft, erzeugt aber die doppelte Belichtungszeit bei gleicher Lichteinstrahlung ebenfalls eine doppelte Schwärzung?

Tatsächlich wird bei Verdreifachung der Intensität, bei mittlerer Strahlungsstärke zumindest recht genau, eine doppelte Schwärzung der Fotoschicht erreicht. Das ist jedoch nicht der Fall bei Verlängerung der Belichtungszeit um den Faktor 2. Die Schicht wird etwas weniger geschwärzt. Hier wird die als Schwarzschilddefekt bezeichnete Erscheinung erkennbar. Die Wirkungsweise dieser Schwärzungsgesetzmäßigkeiten kann man folgendermaßen verdeutlichen.

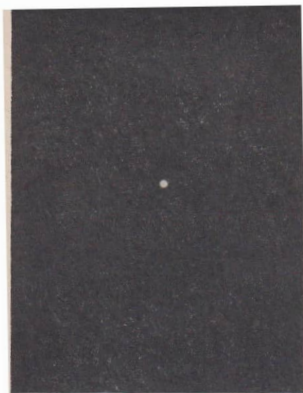


Abb. 3: Gleichlang belichtete Aufnahmen eines künstlichen Sterns mit konstanter Öffnung, aber unterschiedlichen Öffnungsverhältnissen. Die unterschiedliche Lichtstärke, hier von 1 : 3,5 und 1 : 14,2, bewirkt bei punktförmiger Abbildung keinen Schwärzungsunterschied.

Die an Fotoobjektiven angebrachten Blendenabstufungen sind so eingerichtet, daß von einem Blendenwert zum anderen immer eine doppelte Flächenöffnung, also doppelte Intensität der Einstrahlung wirksam wird. Die Fotoschicht reagiert somit in den üblichen Fällen bei Verdopplung der Intensität praktisch mit doppelter Schwärzung. Die Verschlusszeiten an Fotoapparaten sind nun ebenfalls jeweils um das Doppelte abgestuft, doch bei solcher Belichtungsverlängerung erreicht man niemals exakt eine Schwärzungsverdoppelung. Dreht man also das Fotoobjektiv um einen Blendenwert weiter zu und verzweifacht die Belichtungszeit, so ergibt das nicht genau die gleiche Schwärzung wie eine Aufnahme mit größerer Blende und entsprechend kürzerer Verschlusszeit.

Dieses Kuriosum wird beim normalen Fotografieren aber erst bei großem Öffnungsverlust und starker Belichtungsverlängerung bemerkbar. Um diese Erscheinung experimentell nachzuweisen, fotografierte ich wieder meinen künstlichen Stern und setzte vor das Objektiv abwechselnd Lochblenden von 24 mm und 3 mm Durchmesser. Der Öffnungsdurchmesser wurde so um das Achtfache herabgesetzt. Die wirksame Objektivfläche und damit die erzeugte Intensität auf 1/64 verringert. Obwohl ich die zweite Aufnahme auch entsprechend 64 mal länger belichtete, wurde der Sternpunkt doch merklich schwächer geschwärzt (Abb. 4), was die Gesetzmäßigkeit des Schwarzschildeffekts bestätigte. Aus dem eben Festgestellten kann man folgendes grundlegend für die Reichweitenbestimmung entnehmen:

1. Beim Bestimmen der Reichweite, in Abhängigkeit von der Belichtungszeit, muß die Wirkung des Schwarzschildeffekts berücksichtigt werden.
2. Bei Übertragung der Grenzgröße auf verschieden große Optiken (bei konstanter Belichtungszeit) kann der erzeugte Intensitätsunterschied, resultierend aus unterschiedlichen Objektivflächen, direkt in Größenklassendifferenzen umgerechnet werden.

Der Schwarzschildeffekt bewirkt in der Astrofotografie, daß man, um eine Größenklasse schwächere Sterne zu erreichen, nicht nur (der Intensität entsprechend) eine 2,512-fach längere Belichtung benötigt, sondern die 3,16-fache. Der Wert weicht zwar je nach Fotomaterial, Lichtintensität und Wellenlänge etwas ab, was aber für die gewünschte Erfordernis ohne Bedeutung ist. Um die durch den Schwarzschildeffekt bewirkte Beziehung zwischen vervielfachter Belichtungszeit und Größenklassengewinn jederzeit schnell zur Hand zu haben, errechnete ich diese Zahlen logarithmisch bis zu 6 Größenklassen. Die Werte sind aus Tabelle 2 ersichtlich und gestatten jedem Interessenten bequem die Beziehung zwischen Belichtungszeit und Reichweitzuwachs zu entnehmen. Um von einem Ausgangswert (einer Kameraöffnung mit bekannter Reichweite bei bestimmter Belichtungszeit auch ohne



Abb. 4: Nachweis des Schwarzschildeffekts. Aufnahmen eines künstlichen Sterns mit unterschiedlichen Öffnungen und entsprechender Belichtungsverlängerung. Obwohl die zweite Aufnahme mit 1/64 Objektivfläche 64mal länger belichtet wurde, entsteht keine Schwärzungsgleichheit.

Mühe auf andere Objektivrößen schließen zu können, gebe ich hier eine Tafel, bei der die Umrechnung von Größenklassendifferenzen in Intensitätsverhältnisse vorgenommen ist (Tabelle 3, nach [1]). In den Tabellen 2 und 3 sind nun schon fast alle erforderlichen Rechnungen für die Reichweitenbestimmung getan. Wollen wir die noch nötigen Rechnungen und Überlegungen an einem Beispiel durchführen. Mein bekannter Ausgangswert soll eine Objektivöffnung von 56 mm sein, die nach 30 Min. Belichtung unter idealen Bedingungen noch Sterne bis zur Größenklasse 13,5 abbilden soll. Gesucht ist zunächst die Reichweite der gewünschten Öffnung bei derselben Belichtungszeit wie der Ausgangswert. Die gesuchten Werte sollen für eine Öffnung von 80 mm gelten.

Da für die gesammelte Lichtmenge die Objektivfläche verantwortlich ist, errechnen wir die Flächen beider Öffnungen und dividieren diese miteinander. Das Ergebnis ist die Lichtmenge oder Intensität, mit der das größere Objektiv heller abbildet. Mit der Kreisflächenformel $A = \pi \cdot r^2$ wird für die Objektive mit $\varnothing = 56$ mm und 80 mm der Intensitätsgewinn ermittelt $50,25 : 24,6 = 2,04$.

Das 80-mm-Objektiv hat also bei gleicher Belichtung eine 2,04-fach größere Reichweite als das 56-mm-Objektiv. Mit diesem Wert gehen wir in die Tabelle 3 ein und entnehmen zu einem möglichst ähnlichen Intensitätswert die entsprechende Größenklassenangabe. Interpolationen sind bei den überhaupt erreichbaren Genauigkeiten nicht nötig. Für einen Intensitätszuwachs von 2,04 finden wir also den Helligkeitszuwachs von etwa 0,8 mag. Dieser Wert ist der Größenklassenbetrag, um den das gesuchte Objektiv in der gleichen Zeit weiter vordringt. Erreicht das 56-mm-Objektiv nach 30 Min. die Grenzgröße 13,5 mag, so erreicht die 80-mm-Optik in gleicher Zeit 0,8 mag mehr, also 14,3 mag. Interessiert uns nun noch die ungefähr zu erwartende Reichweite nach einer anderen beliebigen Belichtungszeit, wie z. B. nach 2,5 Stunden, dann gehen wir einfach wie folgt vor. Wir überlegen uns, das Wievielfache die gesuchte Belichtungszeit länger (kürzer) ist als die Ausgangsbelichtungszeit. In diesem Fall sind 2,5 h fünfmal länger als 30 Minuten. Mit der Zahl 5 wird in die Grenzgrößenwachstabelle 2 eingegangen und wir finden für 5 die Helligkeit 1,4 mag. Diesen Wert brauchen wir nur noch zur Ausgangshelligkeit 14,3 mag zu addieren und erhalten die maximale Grenzgröße einer 80-mm-Kamera (auf hochempfindlicher Fotoschicht) nach 2,5 Stunden Belichtung von 15,7 mag.

Abschließend muß man sagen, daß eine wesentliche Fehlerquelle dieser Reichweitenbestimmungsmethode in den Ausgangswerten liegt. Man findet in der Literatur auch unterschiedliche Angaben. So gibt Dr. Ahnert in seinen „Beobachtungsobjekten für Liebhaberastronomen“ die Reichweite der Kamera 56/250 nach 30 Minuten mit 13,5 mag an. Anderenorts wird dieselbe Grenzgröße und Belich-

Tabelle 2:

Beziehung zwischen Belichtungsverlängerung und Größenklassengewinn (unter Berücksichtigung des Schwarzschildeffektes)

Zehntel	Größenklassen		2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m
	0 ^m	1 ^m				
0 ⁰ 0	1,00	3,16	9,99	31,56	99,7	315,1
0 ⁰ 1	1,12	3,55	11,21	35,41	111,9	353,6
0 ⁰ 2	1,26	3,98	12,57	39,72	125,5	396,7
0 ⁰ 3	1,41	4,46	14,10	44,57	140,8	445,1
0 ⁰ 4	1,58	5,01	15,82	49,98	158,0	499,3
0 ⁰ 5	1,78	5,62	17,76	56,09	177,3	560,2
0 ⁰ 6	1,99	6,30	19,91	62,82	198,9	628,5
0 ⁰ 7	2,24	7,07	22,35	70,63	223,2	705,2
0 ⁰ 8	2,51	7,93	25,00	78,98	250,4	791,1
0 ⁰ 9	2,82	8,90	28,13	88,89	280,9	887,7
1 ⁰ 0	3,16	9,99	31,56	99,71	315,1	995,7

Beispiel: Um fotografisch 2,8 Größenklassen zu gewinnen, muß um den Faktor 25 länger belichtet werden.

Tabelle 3:

Umrechnung von Größenklassendifferenzen in Intensitätsverhältnisse

Zehntel	Größenklassen		2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m
	0 ^m	1 ^m				
0 ⁰ 0	1,00	2,51	6,31	15,85	39,81	100,0
0 ⁰ 1	1,10	2,75	6,92	17,38	43,65	109,6
0 ⁰ 2	1,20	3,02	7,59	19,05	47,86	120,2
0 ⁰ 3	1,32	3,31	8,32	20,89	52,48	131,8
0 ⁰ 4	1,45	3,63	9,12	22,91	57,54	144,5
0 ⁰ 5	1,58	3,98	10,00	25,12	63,10	158,5
0 ⁰ 6	1,74	4,37	10,96	27,54	69,18	173,8
0 ⁰ 7	1,91	4,79	12,02	30,20	75,86	190,5
0 ⁰ 8	2,09	5,25	13,18	33,11	83,18	208,9
0 ⁰ 9	2,29	5,75	14,45	36,31	91,20	229,1
1 ⁰ 0	2,51	6,31	15,85	39,81	100,00	251,2

tungszeit für 100 mm Öffnung angegeben. Der Reichweitenunterschied zwischen 56 und 100 mm Öffnung beträgt immerhin 1,2 Größenklassen. Schenkt man der zweiten Angabe Glauben, so ist die Reichweite der Kamera 56/250 nach 30 Minuten lediglich 12,3 mag.

Dies läßt sich vermutlich in der Weise erklären, daß man als Grenzgröße die Sterne ansehen kann, die gerade noch aus dem Plattenschleier hervortreten, also nahe dem Schwellenwert liegen. In der professionellen Praxis sind solche Sterne nicht mehr auswertbar. Wenn man hier über Grenzgrößen spricht, meint man Sterne, die gerade noch, aber sicher abgebildet werden. Diese dürften etwa eine Größenklasse heller sein als die allerschwächsten Andeutungen. Es ist jedem selbst überlassen, einen möglichst zutreffenden Ausgangswert für sein benutztes Fotomaterial oder etwa für durchschnittliche atmosphärische Bedingungen zu finden. Bei kritischer Betrachtung des benutzten Ausgangswertes kann die errechnete Grenzgröße der tatsächlichen Reichweite einer Aufnahme sicher nahekommen. Vorausgesetzt wird natürlich, daß das Fotomaterial bei der Bestimmung des Ausgangswertes (z. B. 30 Min. Belichtung – Grenzgröße 13,5 mag) das gleiche ist wie bei den Aufnahmen, deren Reichweite zu bestimmen ist. Z. B. stets Platten ZU 2 oder Film NP 27 verwenden. Die atmosphärischen Bedingungen sind es überhaupt, die die Reichweite am entscheidendsten beeinflussen, da nützen selbst die schönsten Rechenerien nichts. Bei einer 102 Minuten belichteten Plejadenaufnahme mit einem Tessar 80/360 auf Platte ZU 2 erreichte ich durch mäßigen Himmel und noch zu große Horizontnähe lediglich die Grenzwerte 13,5 mag. Nach meiner Rechnung und dem eingangs angeführten Ausgangswert hätten Sterne bis zur 15,4. Größe abgebildet werden müssen. Der Fehler liegt hier weniger in der Rechnung, sondern in der Nichtberücksichtigung der astronomisch-meteorologischen Bedingungen während der Aufnahme. Dieses Rechenverfahren kann also nicht exakt Auskunft über die erreichte Grenzgröße auf einer speziellen Aufnahme geben. Es kennzeichnet vielmehr die unter idealen Bedingungen mögliche Einsatzbreite eines Instruments.

Literatur:

[1] Dr. Paul Ahnert, Kleine Praktische Astronomie, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1974, Tafel 3.1.7., S. 52. – [2] Junge/Hübner, Fotografische Chemie, VEB Fotokinoverlag, Leipzig 1972. – [3] Weigert/Zimmermann, abc Astronomie, VEB Brockhaus Verlag, Leipzig 1971.

Junge Amateure

Die Silberkugelphotometrie und ihre Anwendung auf die Halbschattenfinsternis vom 6./7. November 1976

KONRAD GUHL

In der Nacht vom 6. zum 7. November 1976 durchquerte der Mond den Halbschatten der Erde. Da die mittlere Vollmondhelligkeit $-12^m 5$ beträgt und der Halbschatten um $0^m 8$ verfinstert, ist eine Halbschattenfinsternis mit dem bloßen Auge nicht zu bemerken. Angeregt durch die astronomische Arbeitsgemeinschaft der Archengold-Sternwarte Berlin wurde versucht, diese Verfinsternis mit der Silberkugelphotometrie nachzuweisen.

1. Die Methode

Der Beobachter vergleicht die Helligkeit des von einer Silberkugel reflektierten Mondbildes mit einem Vergleichssterne. Als Silberkugeln können die für jeden Amateur leicht beschaffbaren Weihnachtsbaumkugeln verwendet werden. Sie besitzen ein geringes Gewicht und weisen ein Reflexionsvermögen auf, das lange Zeit konstant bleibt. Leider weicht ihre Form von der Kugelform ab. Das bedeutet, daß der Krümmungsradius nicht genau bestimmbar ist, zumal das Mondbild auf der Kugel wandert. Besser wären deshalb Glaskugeln, die für astronomische Zwecke genau geblasen und innen verspiegelt sind. Auch die Anwendung von Metallkugeln (z. B. Stahlkugeln aus Kugellagern) wäre möglich, jedoch hält sich ihr Reflexionsvermögen nicht konstant und sie müßten daher vor jeder wichtigen Beobachtung neu verchromt oder poliert werden. Dagegen besitzen Aluminiumkugeln zwar ein hohes Reflexionsvermögen, wobei aber die Kugeloberfläche gegen Korrosion durch eine Lackschicht geschützt werden müßte. Um die Kugelform von Metallkugeln zu testen, läßt man die Kugel schnell rotieren und achtet darauf, daß keine Lichtblitze zu sehen sind.

Die Helligkeit des Mondbildes auf der Kugel ist von folgenden Faktoren abhängig: Mondhelligkeit, Kugelgröße, Kugelreflexion sowie Entfernung zwischen Auge und Kugel. Beim Vergleich der Helligkeit des Mondbildes mit der Helligkeit eines Vergleichssterne werden beide Helligkeiten durch Änderung der Kugelgröße (Grobabstufung) und der Entfernung Auge-Kugel (Feinabstufung) in Übereinstimmung gebracht. Sowohl die Kugelgröße als auch die Entfernung Auge-Kugel werden für die Berechnung der Mondhelligkeit benötigt. Hierzu sind zwei Auswertungsformeln bekannt:

1. Formel nach Dr. Herrmann (2)

$$m_m = m_s + 5 \lg r + 2,5 \lg k - 5 \lg a - 1,5053$$

m_m = Mondhelligkeit in m

m_s = Helligkeit des Vergleichssterne in m

r = Kugelradius in cm

k = Reflexionskoeffizient der Kugel (bei neuen Kugeln = 1)

a = Abstand Auge - Kugel in cm

2. Formel nach Dr. Güttler (1)

$$m_m = m_s + e_s - e_m + 5 \lg \frac{a}{r} + k$$

m_m = Mondhelligkeit in m

m_s = Helligkeit des Vergleichssterne in m

e_s = Extinktion des Vergleichssterne in m

e_m = Extinktion des Mondes in m

a = Abstand Auge - Kugel in cm

r = Kugelradius in cm

k = kugelabhängige Konstante

zu Formel 1: m_m und m_s können durch Extinktionswerte verbessert werden
 a wird am bequemsten und genauesten mit einem Bandmaß und Dioptr bestimmt

zu Formel 2: k wird durch Messen bei bekannter Mondhelligkeit und Formelumstellung bestimmt
(eine Tabelle zum Bestimmen der Mondhelligkeit aus Alter und beleuchtetem Teil des Mondes wird gegen Freiumschatz vom Verfasser dieses Beitrages zugesandt).

Für die Praxis der Silberkugelphotometrie sind folgende Hinweise wichtig:

Nebenlicht wirkt sich besonders stark aus, da die Kugel auch Reflexbilder der störenden Lichtquellen liefert, die zu Verwechslungen und Störungen führen.

Oft beschlagen oder bereifen die Kugeln. Dieses kann bei Metallkugeln durch längeres Tauchen in warmes Wasser und bei Glaskugeln durch Abdecken mit warmen Tüchern vermieden werden. Eleganter wäre sicherlich eine kleine elektrische Heizung in der Kugelhalterung, weil dadurch nicht nur Arbeit gespart, sondern auch die Kugeloberfläche geschont wird. Hierfür kann z. B. eine Heizwendel aus einem Lötkolben verwendet werden, die durch einen Akkumulator, eine Batterie oder über Netz gespeist wird.

Die Theorie fordert, daß die Position des Vergleichssterne dem Mond gegenüber ist, so daß der Beobachter den Mond im Rücken hat und Auge – Kugel – Stern annähernd eine Gerade bilden. Abweichungen von dieser Forderung bringen zusätzliche Fehler.

Der Vergleichssterne sollte nur dann gewechselt werden, wenn es die Mondhelligkeit oder die Mondfärbung verlangt.

Zum Erfassen einer totalen Mondfinsternis mit einer Amplitude von etwa 12^m sind verschiedene Kugelgrößen erforderlich, wenn der Abstand im günstigen Bereich (30 bis 300 cm) bleiben und der Vergleichssterne nicht gewechselt werden soll.

Die Methode ist für den Amateur gut geeignet und unter den vielfältigsten Bedingungen ohne großen Aufwand anwendbar. Allerdings ist die anschließende rechnerische Auswertung sehr zeitaufwendig.

2. Die Beobachtung

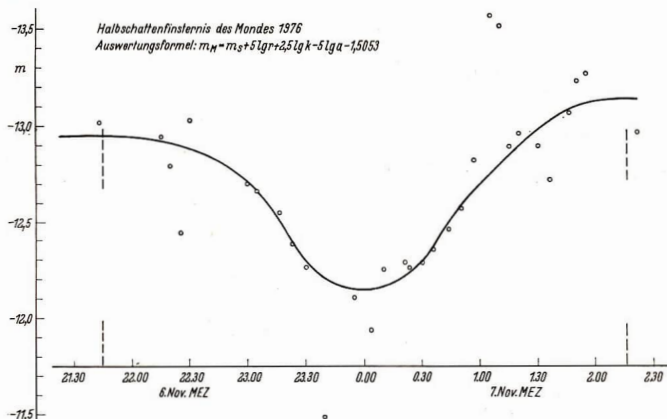
2.1. Beobachtungsort

Der Beobachtungsort lag im Südosten Berlins (Berlin-Altglienicke). Deshalb hätte die wünschenswerte Position des Vergleichssterne im Zentrum der großstädtischen Licht- und Dunstglocke gelegen. Aus diesem Grunde mußte von der Regel abgewichen werden, daß Auge – Kugel – Stern eine Gerade bilden. Eine Fehlerrechnung wurde jedoch nicht durchgeführt.

2.2. Beobachtungsbedingungen

Zur Zeit der Beobachtungen zogen einzelne Wolkenstreifen über den Himmel, die Mond und Vergleichssterne zeitweise bedeckten. Auf Grund der daraus resultierenden Ungenauigkeit wurde auf die

Abb. 1



Berücksichtigung der Extinktion verzichtet. Auch konnten die geplanten Messungen nicht in genau gleichen Zeitabständen (alle 5 Minuten) durchgeführt werden, da die Messungen sich nach den Wolken richten mußten. Die später durchgeführten Berechnungen bestätigten jedoch, daß trotz der einschränkenden Bedingungen und der Nachteile des Beobachtungsorts ein brauchbares Ergebnis erzielt werden konnte.

2.3. Beobachtungstechnik

Der technische Aufwand war minimal. An einer in etwa 2 m Höhe gespannten Leine wurde als Silberkugel eine neue Weihnachtsbaumkugel zusammen mit dem Ende eines Bandmaßes befestigt. Dadurch konnte die Entfernung Auge - Kugel jederzeit verändert und mit dem Bandmaß kontrolliert werden. Es wurden 2 Kugelgrößen mit $r = 2,01$ cm und $r = 2,95$ cm verwendet.

3. Auswertung

Wegen der Behinderungen durch den Beobachtungsort und der Beobachtungsbedingungen wurden mehrere Vergleichssterne verwendet. Aus der Meßreihe ergab sich jedoch, daß von 52 Anschlüssen (mit Wega, Deneb, Capella, Aldebaran, Jupiter und Pollux) nur 31 Anschlüsse (mit Capella) brauchbar waren. Deshalb wird die Empfehlung gegeben, den Vergleichssterne nicht zu wechseln.

Die Auswertung der Messungen erfolgte nach der Formel 1. Die aus den verwertbaren Anschlüssen dargestellte Kurve ergibt eine gute Übereinstimmung mit den berechneten Werten für Anfang, Ende und größte Phase der Finsternis sowie für die Amplitude, die in Übereinstimmung mit der Literatur (2,4) 0,78 beträgt. Die Vollmondhelligkeit wurde mit $-12^m 95$ um $0^m 45$ zu groß gemessen. Dieser Fehler ist auf die schlechten Beobachtungsbedingungen und auf andere Störeinflüsse zurückzuführen.

Die Beobachtung und die Berechnung zeigen, daß es möglich ist, die Genauigkeit noch erheblich zu steigern. Dadurch kann die Silberkugelphotometrie ein wichtiges Hilfsmittel für den Amateur werden, denn sie bietet bei geringem Aufwand eine relativ große Genauigkeit. Auch wäre es zweckmäßig, sich einmal mit den Kugeln zu befassen, sie in Tests genau zu bewerten und ihre Einflüsse auf die Beobachtungsgenauigkeit festzustellen. Eine mit Hilfe der Silberkugelphotometrie hergestellte Kurve der Mondhelligkeit in Abhängigkeit von der Phase bzw. vom Mondalter ist sicher auch für den Astro-nomieunterricht interessant.

Literatur:

Güttler, A.: Mondfinsternisse, in: Handbuch für Sternfreunde, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960, Hgg. v. G. D. Roth S. 171 ff. - Herrmann, D.: Silberkugelphotometrie der totalen Mondfinsternis 1957 Mai 13/14, Mitteilungen der Archenhold-Sternwarte Berlin Treptow Nr. 51 (1959) S. 7 ff. - Richter, N.: Das Silberkugelphotometer, ein wichtiges Hilfsmittel für den Liebhaber-astronomie, in: Die Sterne, 22 (1942) 113 ff. - Schubert, M.: Die Silberkugel-Photometrie und ihre Anwendung auf die Mondfinsternisse, in: Die Sterne 27 (1951) 40 ff.

Kurzberichte

IX. Bundeskongreß des Kulturbundes der Deutschen Demokratischen Republik

Vom 21. bis 24. September 1977 fand im Palast der Republik (Plenarsaal) der IX. Bundeskongreß des Kulturbundes der DDR statt. Es wurden Bilanz über die Arbeit seit dem VIII. Bundeskongreß gezogen und die neuen Aufgaben für die vor uns liegenden Jahre beraten und beschlossen. Neben dem Referat von Prof. Dr. Hans Pischner zur „Lebensweise und Kultur in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft“ kamen in der Diskussion im Plenum und in den sieben Arbeitsgruppen 150 Delegierte zu Wort. Die Aussprache zeigte die große Breite des Betätigungsfeldes des Kulturbundes und auch seine große Verantwortung für die Entwicklung der sozialistischen Nationalkultur. Die Bedeutung und Wertschätzung der Arbeit des Kulturbundes kamen auch darin zum Ausdruck, daß eine Delegation des ZK der SED unter Leitung von Prof. Hager und

eine Delegation des Ministerrates der DDR mit dem Minister für Kultur, Hans-Joachim Hoffmann und dem Minister für Gesundheitswesen, Prof. Dr. Mecklinger am Kongreß teilnahmen.

Bei der Fülle und Bedeutung der behandelten Probleme ist es hier nicht möglich, eine umfassende Einschätzung des Kongresses zu geben. Ausgehend vom Schlußwort zur Diskussion, das der 1. Bundessekretär, Dr. Karl-Heinz Schulmeister hielt, kann aber folgendes gesagt werden:

1. Der Kongreß hat einmal mehr die Bedeutung des Bündnisses von Arbeiterklasse und Intelligenz deutlich gemacht und gezeigt, daß die Intelligenz der DDR fest an der Seite der Arbeiterklasse, aus der sie zum großen Teil hervorging, steht.
2. Auf dem Kongreß kam deutlich die enge Verbundenheit der Kulturschaffenden der DDR zur Sowjetunion zum Ausdruck, die sich ganz besonders im 60. Jahr der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution manifestiert.
3. In allen Diskussionen und Dokumenten wurde die politisch-ideologische Position der Mitglieder des Kulturbundes der DDR klar formuliert und deutlich gemacht, daß die Lehre von Marx, Engels und Lenin das Handeln der Bundesfreunde bestimmt.

4. Der Kongreß war Stätte eines regen und fruchtbaren Erfahrungsaustausches. Dieser ging auch außerhalb der Sitzungen und Beratungen weiter.
5. Der Inhalt der zahlreichen Diskussionen, aber auch das Alter der vielen Redner zwischen 19 und 75 Jahre, ließ deutlich erkennen, daß der Kulturbund der DDR, das Werk mehrerer Generationen ist.
6. Der IX. Bundeskongreß leitet eine neue Entwicklungsetappe des Kulturbundes der DDR ein. Dies ist ganz deutlich an den einstimmig beschlossenen neuen Grundaufgaben abzulesen.

Nach den erfolgreichen Beratungen wurde vom Plenum Prof. Dr. Hans Pischner mit großer Begeisterung zum neuen Präsidenten gewählt und vom neu gewählten Präsidium wieder Dr. Karl-Heinz Schulmeister zum 1. Bundessekretär bestimmt.

Die Ergebnisse des IX. Bundeskongresses werden für lange Zeit die Arbeit des Kulturbundes der DDR bestimmen. Alle Bundesfreunde sollten die Dokumente des Kongresses auswerten und in ihrer Arbeit wirksam werden lassen.

Dr. S. MARX

Dr. h. c. Paul Ahnert am 22. November 1977 80 Jahre

Dr. Paul Ahnert ist ein Name, der bei Fachastronomen und Amateuren gleichermaßen bekannt, anerkannt und beliebt ist. Mit diesem Namen verbinden sich für jeden sofort: begeisterter Beobachter, Entdecker und Bearbeiter zahlreicher Veränderlicher Sterne, Autor des seit vielen Jahren erscheinenden „Kalenders für Sternfreunde“ bzw. „Kleinen astronomischen Jahrbuches“ und mehrerer weiterer Bücher, die alle der Anleitung und Durchführung der Beobachtung dienen.

Das Wirken von Dr. Paul Ahnert ist eng mit der Sternwarte Sonneberg verbunden. Dort sammelte der begeisterte Beobachter in jeder klaren Nacht die Grundlagen für viele seiner wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Wenn man sich diese ansieht, erkennt man sofort, daß Dr. Ahnert sich nicht nur mit den Problemen der Veränderlichen beschäftigt hat, sondern daß er auch zur Erforschung des Mondes und der Planeten und vor allem zu Fragen der Himmelsmechanik wesentliche Beiträge geleistet hat. Sein umfangreiches wissenschaftliches Werk fand auch darin Anerkennung, daß ihm 1957 von der Friedrich-Schiller-Universität Jena die Ehrendoktorwürde verliehen wurde.

Schaut man sich die etwa 200 Veröffentlichungen von Dr. Ahnert an, dann sieht man, daß sein Hauptanliegen die Volksbildung und die Popularisierung der Astronomie war und ist. Das kann jeder Sternfreund bestätigen, der von Dr. Ahnert auf Anfragen immer eine ausführliche und lebenswürdige Antwort erhielt.

Das große Interesse an der Popularisierung hängt sicher mit dem Lebensweg von Dr. Ahnert zusammen, der 1919 auf dem Lehrerseminar Frankenberg die Abschlussprüfung ablegte. Als Lehrer begann er in einer kleinen Privatsternwarte in Burkhardsdorf bereits mit systematischen Beobachtungen. Wegen seiner klaren antifaschistischen Haltung wurde er aber 1938 aus dem Schuldienst entlassen und nahm seine Tätigkeit an der Sternwarte Sonneberg auf.

Im Namen aller Leser unserer Zeitschrift und im Namen der Redaktion, möchten wir Dr. Ahnert zu seinem Geburtstag herzlich gratulieren und ihm weiterhin Kraft und Erfolg wünschen. Die Redaktion möchte die Gelegenheit auch nutzen, um sich bei Dr. Ahnert für seine aktive Mitarbeit an der Zeitschrift zu bedanken.

Dr. S. MARX

Die Entwicklung der Amateurastronomie in der Slowakei

LADISLAV DRUGA / M. SCHMÖGNER

Die Amateurastronomie in der Slowakei hat in den letzten Jahrzehnten eine rasche Entwicklung erfahren. In gleichem Maße wie die Astronomie prinzipiell neue Forschungsmittel erhielt, wuchs auch das Interesse an neuen Informationen über kosmische Ereignisse. Die höchste Instanz der slowakischen Amateurastronomie, der Slowakische Rat der Amateurastronomen beim Ministerium für Kultur der Slowakischen Sozialistischen Republik und der Zentrallausschuß des Bundes der slowakischen Amateurastronomen haben auf dem Gebiet der methodisch-fachlichen Tätigkeit und der kulturellen Bildungsarbeit der Volkssternwarten langfristige Pläne für eine zielstrebige Entwicklung ausgearbeitet. Diese Pläne beinhalten die wichtigsten Aufgaben, die sich für die Sternwarten aus der Popularisierungsarbeit, der fachlichen Tätigkeit und dem Unterricht (die Astronomie wird im Rahmen des Unterrichtsfaches Physik vermittelt) ergeben.

Die Amateurastronomie in der Slowakei hat ihre zentrale Verwaltungs- und Leitungsstelle auf einer der ältesten slowakischen Sternwarten, der Sternwarte in Hurbanovo (südwestliche Slowakei). Diese Sternwarte wurde im Jahre 1871 von Dr. Mikuláš Konkoly-Thege gegründet. Zu den wichtigsten Aufgaben der Zentrale in Hurbanovo zählt die Koordinierung der Tätigkeit der Bezirkssternwarten in Hlohovec, Banská Bystrica und Prešov und ihre methodische Unterstützung. Die Bezirkssternwarten selbst wiederum steuern die Tätigkeit der Kreissternwarten, welche auf das Gebiet der Slowakei folgendermaßen verteilt sind: Im Westslowakischen Bezirk in Levice; im Mittelslowakischen Bezirk in Rimavská Sobota, Žilina und Ziar nad Hronom; im Ostslowakischen Bezirk in Humenné und Rožňava. Außerdem haben die Bezirkssternwarten auch fachliche Beobachtungen auf den Gebieten Sternbedeckungen und Finsternisse, interplanetare Materie und Sonne zu verrichten. Die Hauptaufgabe der Kreissternwarten besteht in der Popularisierung der Astronomie in breiten Schichten der Bevölkerung. Die Kreissternwarten stehen dadurch in direktem Kontakt zur untersten Stufe in der Struktur der Amateurastronomie, zu den astronomischen Zirkeln, deren es zur Zeit in der Slowakei über fünfhundert gibt. Außer den genannten Sternwarten gebührt noch den 15 astronomischen Kabinetten und Beobachtungsstationen ein wichtiger Platz in der slowakischen Amateurastronomie.

Eine nicht minder wichtige Stellung in dieser Struktur, obwohl nicht der zentralen Leitungsstelle der Amateurastronomie der Slowakei unterstehend, nimmt das erste Planetarium in der Slowakei, das Kleinplanetarium im Technischen Museum in Košice ein. Es ist eine Museumseinrichtung, trotzdem ist es in den zwei Jahren seiner Tätigkeit nicht nur eine Popularisierungsstätte der Astronomie, sondern zu einer, den Unterricht der Schulen unterstützenden Einrichtung geworden. Siebzig Prozent aller Besucher sind Schüler aller Schultypen.

Sämtliche Volkssternwarten der Slowakei kommen jährlich mit über 200 000 Menschen auf verschiedene Weise in Kontakt. Als Beispiel sei das Jahr 1976 herausgegriffen. In diesem Jahr wurden von den Mitarbeitern der Sternwarten für die Öffentlichkeit 2430 Vorträge gehalten, 43 Seminare veranstaltet und 55 Titel astronomischer Schriften herausgebracht. In den Städten, in Schulen und in Betrieben wurden 12 größere Ausstellungen installiert und an astronomischen Wettbewerben, von den Volkssternwarten veranstaltet, nahmen über 7000 junge Menschen teil. Die Sternwarten hatten weiter, für die fortgeschrittensten und aktivsten Mitglieder astronomischer Zirkel, 12 verschiedene Treffen junger Astronomen und 4 Meteorrexpeditionen organisiert. In Pionierlagern, Erholungsheimen und auf den Sternwarten wurden 115 „astronomische Tage“ abgehalten. Diese Veranstaltungen waren mit Himmelsbeobachtungen verknüpft; ihr Hauptanliegen war es, astronomische

und weltanschauliche Fragen der Jugend und der breiten Öffentlichkeit zu erläutern.

Im allgemeinen überschreiten die Himmelsbeobachtungen der Sternwarten den Rahmen einer Amateurtätigkeit nicht. Jedoch führen einige der genannten Sternwarten auch Beobachtungen durch, denen man durchaus wissenschaftlichen Charakter zuschreiben kann. Bei der Erarbeitung wissenschaftlicher Programme für die Volksternwarten wird in der Regel davon ausgegangen, daß diese von einer größeren Anzahl freiwilliger Mitarbeiter bewältigt werden, dabei aber wissenschaftlich nützliche Ergebnisse erzielt werden müssen. Dies hat aber auch seine erzieherische Seite: die Mitarbeiter werden zu wissenschaftlichen Arbeitsmethoden geführt, vervollkommen ihre Fertigkeiten, und ihre Erfahrungen können dann gut bei der Popularisierungsarbeit eingesetzt werden. Besonders wertvoll an der Arbeit an wissenschaftlichen Programmen ist es, daß sich an ihr überwiegend junge Menschen beteiligen.

Der Zentrale der slowakischen Amateurastronomie in Hurbanovo ist es durch tatkräftige Unterstützung des Ministeriums für Kultur der Slowakischen SR seit 1969 gelungen, wichtige Aufgaben, die durch die Konzeption der Amateurastronomie gestellt wurden, zu realisieren. So konnten die Bezirkssternwarten mit neuen Geräten beliefert werden; es gelang, eine zentrale optisch-mechanische Werkstatt bei der Sternwarte in Hurbanovo zu errichten; hier werden kleinere Teleskope und andere astronomische Geräte für den Amateurbereich hergestellt. 1970 wurde die erste slowakische astronomische Zeitschrift „KOZMOS“ gegründet. Die Zentrale ermöglicht Interessenten ein zweijähriges Nachabiturstudium der Astronomie und gründete den Bund slowakischer Amateurastronomen, dessen lokale Organisationen in allen größeren Städten, in Betrieben und auf den Hochschulen tätig sind.

Wir freuen uns, daß sich Kollegen im befreundeten Ausland für die Arbeit der Amateurastronomen in der Slowakei interessieren. Dies betrifft auch die Kollegen in der DDR. Aus diesem Grunde, und in Übereinstimmung mit ihnen, wünschen wir uns, daß es in naher Zukunft zur Gründung einer internationalen Organisation der Amateurastronomen sozialistischer Länder kommt. In ihrem Rahmen wäre die gegenseitige Zusammenarbeit ein weiterer Beitrag zur Entwicklung unserer amateurastronomischen Bewegung.

Slowakische Amateurastronomen besuchten Potsdam

Im Rahmen der freundschaftlichen Beziehungen zwischen dem Slowakischen Amateurastronomenverband (Sitz

Hurbanovo) und dem Astronomischen Zentrum „B. H. Búrgel“ Potsdam besuchten unter Leitung von Marian Lorenc drei Mitglieder aus der Slowakei sowie der Leiter des Planetariums in Kosice, Matthias Schmögner, vom 18. bis 23. Juli 1977 Potsdam.

Beim Erfahrungsaustausch wurde besonders über die Beobachtung veränderlicher Sterne (U. Tietz u. B. Reetz), die Himmelsfotografie (A. Wedel) sowie über die Gestaltung von Programmen für verschiedene Besucherkreise im Planetarium beraten.

Die Gäste besichtigten neben den Sehenswürdigkeiten der Stadt und der Parkanlagen auch die wissenschaftlichen Einrichtungen des Zentralinstitutes für Astrophysik, des Zentralinstitutes für Sternphysik in Babelsberg sowie des Institutes für solar-terrestrische Beziehungen in Trensdorf bei Potsdam.

AZ

Jahrestreffen der jungen Sternfreunde der Slowakei

Das 9. Treffen der jungen Astronomen der Slowakei fand diesmal vom 4. bis 10. Juli 1977 in Drienovec, 30 km westlich von Košice, statt. Am Südrand des Slowakischen Karstes hatten 130 Jugendliche ihre 45 Zelte auf einer vom Wald umgebenen Wiese errichtet. Die erwachsenen Teilnehmer sowie die Gäste aus der DDR, der VR Polen, Ungarn, Bulgarien und der Sowjetunion waren im nahegelegenen Touristenhotel „Goldener Pfau“ untergebracht. Wie in den vergangenen Jahren verstand es die Leitung des Slowakischen Amateurastronomenverbandes unter Direktor Milan Belík, Erholung und amateurastronomische Betätigung sinnvoll miteinander zu verbinden. Astronomische Themen wurden in kleinen Gruppen im Freien behandelt. Am Abend fanden Vorträge und Filmveranstaltungen statt, für Beobachtungen stand ein Refraktor 80/1200 zur Verfügung. Eine Tagesexkursion führte nach Košice und Rožnava. In Košice besuchten die Teilnehmer das vor zwei Jahren errichtete Zeiss-Kleinplanetarium mit der Ausstellung „Sonne-Licht-Leben“. Das Planetarium ist bisher das einzige in der Slowakei und untersteht dem Technischen Museum. Die reichlich bemessene Freizeit bot Gelegenheit, Gedanken und Erfahrungen auszutauschen sowie freundschaftliche Beziehungen anzuknüpfen. Aus der DDR beteiligten sich vier Bundesfreunde der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „B. H. Búrgel“ Potsdam unter Leitung von A. Zenkert.

AZ

Berichtigung zu „Merkur...“ in Heft 4/1977

Durch ein Versehen ist in uns im Aufsatz von D. Bedau „Merkur – seine Phase und Oberfläche im Amateurfernrohr“ ein Fehler nicht korrigiert worden. Auf Seite 113 muß es ab 10. Zeile von unten richtig heißen: „... die Rektaszen-

sion noch um einige Minuten zurückgeht und danach erst auf ... anwächst.“

Außerdem teilen wir die neue Anschrift des Autors mit: 301 Magdeburg, Herrenkrugstraße 200

Die Redaktion

Aus der Literatur

Beobachtungsprogramme für das nächste Aktivitätsmaximum der Sonne

Für die Zeit vom 1. April 1979 bis zum 1. November 1980 sind international koordinierte Untersuchungen der Aktivitätsphänomene der Sonne geplant. Die Internationale Astronomische Union (IAU) hat eine Kommission berufen, die ein Programm für dieses „Solar Maximum Year“ (SMY) vorbereiten soll. Dabei sind die im folgenden skizzierten vier Schwerpunkte für die Untersuchungen vorgesehen.

1. Struktur der Entwicklung aktiver Gebiete und die Wechselwirkung aktiver Gebiete. Besonderes Interesse gilt hierbei auch den Flares, bei denen innerhalb sehr kurzer Zeit (etwa 10^3 s) große Beträge magnetischer Energie in Wellen- und Teilchen-Energien umgewandelt werden (etwa $3 \cdot 10^{25}$ Ws), so daß die Flares die stärksten explosionsartigen Erscheinungen im

Sonnensystem sind. Zur Erfassung der genannten Phänomene sollen Messungen der elektromagnetischen Strahlung in verschiedenen Spektralbereichen (H_{α} , EUV, Röntgenstrahlung, Radiostrahlung) sowie Magnetfeldmessungen und Beobachtungen des horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitsfeldes erfolgen.

2. Beziehungen zwischen aktiven Gebieten und großräumigen solaren Feldern. Auch hierzu sollen H_{α} -Beobachtungen der gesamten Sonnenscheibe, Magnetometermessungen und EUV- und Röntgenstrahlungsmessungen erfolgen.

3. Einspeisungsmechanismen in den Sonnenwind. Zur Bearbeitung dieses umfangreichen Themenkomplexes müssen die großräumigen Phänomene in der Sonnenatmosphäre ständig überwacht werden. Dazu gehören Materieflüsse durch die Chromosphäre (z. B. Protuberanzen), die im Licht der H_{α} -Linie, am Sonnenrande und mit radioastronomischen Methoden verfolgt werden können. Ein weiterer Zulauf erfolgt über die sogenannten koronalen Löcher, die im EUV- und Röntgenstrahlungsbereich und im Licht spezieller Linien ($He I$ 10830 Å) erfaßt werden können. Flares können ebenfalls Teilchen und Felder in den Sonnenwind einspeisen. Hierfür ist ein gesonderter Beobachtungsschwerpunkt vorgesehen. Das SMY wird noch von dem zum Ende des IMS (International Magnetospheric Study, – vergl. Astronomie und Raumfahrt 1976, Heft 1, S. 7) – geplanten Aktivitäten in der Erforschung des erdnahen Weltraums profitieren können, so daß hier eine Zusammenarbeit als möglich erscheint.

4. Flare-Mechanismen. Die beobachtungsseltene Untersuchung der in den Flares auftretenden, mit der rapiden Umwandlung der im Magnetfeld gespeicherten Energie wirkenden Phänomene, soll in sehr verschiedenen Wellenlängenbereichen erfolgen. Angestrebt werden im Radiobereich hochauflösende Interferometerbeobachtungen. Röntgenstrahlungsmessungen geben ebenfalls Aufschluß über die Flare-Prozesse, da die beschleunigten Teilchen bei ihrer Wechselwirkung mit der sie umgebenden Materie einen Teil der gewonnenen Energie wieder als Röntgenstrahlung abgeben. Angestrebt werden weiterhin „Echt-Zeit“-Magnetometermessungen, mit denen die zeitliche Veränderung der Magnetfeldstrukturen erfaßt werden soll. Zu diesem Schwerpunkt wird eine Zusammenarbeit mit der „Flare-built-up-study“ (FBS), die ebenfalls der detaillierten Flare-Untersuchung dient, geplant.

Die im Rahmen des SMY durchgeführten Untersuchungen sollen koordiniert und sowohl mit bodengebundenen Methoden als auch mit von Bord von Ballons, Raketen und Satelliten möglichen Methoden erfolgen. Die weitere Präzisierung der oben genannten Aufgaben wird noch diskutiert.

Dr. D. MÖHLMANN

Literatur: H. Zirin, K. Tanaka, „Prospectus for the solar maximum year“, Solar Physics 47, 1976, 385.

Der NASA – Beitrag zu Shuttle/Spacelab – Programmen zur Sonnenphysik

1. Einleitung

Im Rahmen des NASA/ESA Shuttle/Spacelab Programmes stellt die NASA das Transportsystem (Antrieb, Shuttle) und die ESA die wissenschaftliche Rahmenausrüstung (Spacelab) für bemannte Missionen. Der Einsatz dieser Systeme wird erst mit den beginnenden 80er Jahren möglich sein. Für die Sonnenphysik sind damit noch Beiträge zum „Solar Maximum Year“, das 1979 beginnt, zu erwarten.

Vorteile der Shuttle/Spacelab Missionen sind:

– Im Vergleich zu bisherigen Untersuchungen können wesentlich mehr wissenschaftliche Geräte in eine Erdumlaufbahn gebracht werden – die Rückkehrmöglichkeiten gestatten die Verwendung von Filmen und nachträgliche Vergleiche von Eichungen – die Meßgeräte können wiederholt verwendet werden. Das bedeutet bei einer längeren Arbeitsdauer eine Senkung der Kosten pro Gerät. – die bereits auf Skylab und den OSO-Satelliten und mit Raketen geflogenen und bewährten Meßinstrumente können zusammengefaßt, weiterentwickelt und wiederverwendet werden.

2. Geräte und Aufgaben.

Die hier diskutierten NASA-Pläne erfordern keine direkte Bedienung und können daher in den unbemannten Spacelab-Sektionen untergebracht und auch vom Shuttle aus kontrolliert werden. Dabei wird angestrebt, die Meßgeräte so zu kombinieren, daß sie in einzelnen Containern zusammenfaßbar sind. Die Container, mit einer möglichen Nutzlast von je 340 kg, sind dann in ein geplantes Instrumenten-Ausrichtungssystem einzusetzen, das für die gewünschte Orientierung zur Sonne sorgt. Damit werden Möglichkeiten für eine „konzertierte“ Beobachtung der Sonne mit verschiedenartigsten Meßgeräten (und mehreren Containern) geschaffen.

Gegenwärtig werden die Möglichkeiten für den Einsatz von drei Gerätekomplexen geprüft:

- 1-m-Teleskop für den sichtbaren Bereich und das nahe UV. Dabei liegt der erfaßte Bereich zwischen 2750 Å und 11000 Å. Angeschlossen werden können ein Spektrograf sowie andere spezielle Ergänzungs- und Nachfolgeinstrumente, z. B. auch zur Bestimmung von Parametern zur Messung magnetischer Felder. Das Instrument ist konzipiert für Untersuchungen zur Aufhellung der Chromosphäre (insbesondere dabei der Bildung und Dissipation von Stoßwellen), zu Magnetfeldmessungen und für Beobachtungen von Massetransporten insbesondere auch im Zusammenhang mit flares.
- EUV, XUV, weiche Röntgenstrahlungsmeßgeräte. Diese Geräte zur Messung der solaren Röntgenstrahlung erfassen den Bereich zwischen 2 Å und 2000 Å. Auch diese Röntgenteleskope sind mit Nachfolge- und Ergänzungsgeräten (Kameras, Spektroheliografen, Linien-Profil-Spektrometer) versehen. Mit diesem Gerätesystem können Emissionslinien aus einem großen (Elektronen-) Temperaturbereich beobachtet werden. Daraus können Informationen über die Konfigurationen magnetischer Felder und über Energieumsetzungsprozesse abgeleitet werden.
- Meßgerätekombination für harte Röntgenstrahlung. Die in diesem Komplex vorgesehenen Geräte arbeiten in einem Energieintervall von 5 keV bis 10 MeV mit sehr unterschiedlichen Auflösungseigenschaften. Dabei sind nach der bisherigen Planung drei Grundtypen zu unterscheiden: 1. Abbildungssysteme für die ganze Sonne im Bereich 5 keV bis 100 keV und 1 Sekunde Zeitauflösung. 2. Spektrometer mit unterschiedlichen Auflösungen. 3. Polarimeter. Diese Hochenergie-Meßgeräte sind für die Untersuchungen von flares konzipiert. Man erhofft sich in diesem Zusammenhang insbesondere einen verbesserten Einblick in die Beschleunigungsprozesse, da die Röntgenstrahlung zum Teil direkt aus Wechselwirkungen der beschleunigten Teilchen mit der umgebenden Materie resultiert.

Dr. D. MÖHLMANN

Literatur: Neupert, W. M., Solar Physics, x47, 1976, pp. 391 – 399.

Buchbesprechung

Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten

PZV 31052

Um die Aufhellung des Problems über den inneren Aufbau der planetarischen Großkörper bemühen sich Geophysiker, Planetologen und Kosmologen gleichermaßen. Wesentliche Fortschritte wurden jedoch erst in den letzten Jahren erzielt, seit die Forschungen mit astronautischen Mitteln auch auf unsere kosmischen Nachbarn Mond und Merkur bis Jupiter ausgedehnt werden konnten und die internationale Kooperation der verschiedensten Forschungsrichtungen die Vielfalt neuer Daten besser zu bewältigen vermag. Das spiegelt sich auch im Literaturangebot wider. Seit 1975 erschienen in verschiedenen Verlagen der DDR zu diesem Fragenkreis vier Titel. Der jüngste davon ist die von Dr. G. Feller besorgte Übersetzung des 1973 in Moskau erschienenen und 1975 vom Autor W. N. Sharkow ergänzten Bandes „Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten“. Der Verfasser hat mit diesem Werk eine kurzgefaßte populäre Monographie zum Problemkreis geschaffen, die den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse, aber auch die offenen Fragen umreißt. In sieben Kapiteln werden die Untersuchungsmethoden und ihre Ergebnisse dargestellt: Geophysikalische Methoden, Untersuchung geophysikalischer Materialien bei hohen Drücken, Modelle des inneren Aufbaus der Erde, der erdähnlichen Planeten, der jupiterähnlichen Planeten, des Mondes und die Hypothesen über Pluto werden auf rund 120 Seiten für den physikalisch Interessierten in leichtverständlicher Art behandelt. Die dem Text beigegebenen 8 Tabellen und 21 schematischen Abbildungen erleichtern nicht nur das Verständnis, sie sind auch eine ausgezeichnete Faktensammlung. Die Behandlung der Untersuchungsmethoden und Modelle ist ohne ein Minimum mathematischer Darstellungsweise kaum möglich. Trotzdem kann das Buch vom Leser mit Oberschulbildung in allen Teilen verstanden werden, was nicht zuletzt auch der gelungenen Übersetzung zu danken ist.

Der an der Planetenbeobachtung interessierte Amateurastronom wird diesen Band gern in seine Handbüchererei übernehmen, da er daraus das theoretische Verständnis gewinnen kann für Fragen, die ihn bei seinen Beobachtungen und deren Auswertung berühren. Bei einer Neuauflage sollten die in der zweiten Hälfte des Bandes sich häufenden Druckfehler leicht zu korrigieren sein.

HEINZ ALBERT

W. N. Sharkow: Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten.

Verlag MIR, Moskau; BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1976, Kleine Naturwissenschaftliche Bibliothek, Reihe Physik, Band 35, 125 Seiten mit 8 Tabellen und 21 Abbildungen. Kartiert 7,00 M.

Unsere Autoren:

Dr. D. Möhlmann, Zentralinstitut für Solar-Terrestrische Physik der Akademie der Wissenschaften der DDR, 1190 Berlin, Rudower Chaussee 5

Johannes Classen 8514 Pulewitz, Sternwarte

Karl Heinrich Hintze, Zentralinstitut für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR, 1502 Potsdam-Babelsberg, Rosa-Luxemburg-Str. 17 A

Dipl.-Ing. H. D. Naumann, 8142 Radeberg, Str. d. Thälmann-Pioniere 19

Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestr. 5

Armin Wedel, 15 Potsdam, Kantstr. 28

Andre Gelßhrt-Ling, 15 Potsdam, Kl. Weinmeisterstr. 14

Wolfram Flecher, 703 Leipzig, K.-Liebknecht-Str. 99

Konrad Gühl, 1185 Berlin, Normannenstr. 15, 114/06

Oberlehrer Heinz Albert, 063 Crimmitschau, Straße der Jugend 8

Ladislav Druga, 94701 Hurbanova, ČSSR

M. Schmögner, 04425 Medzev č. 421 ČSSR

Arnold Zenkert, 45 Potsdam, Seestr. 17

Dr. S. Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium