

1¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Die wissenschaftliche Beobachtung von Doppelsternen · Dr. Werner Pfau	1
Das Unternehmen Mariner 10 · Karl-Heinz Neumann	7
Die Osterparadoxie des Jahres 1974 · Dr. H.-J. Felber	12
Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1972/73 · Dr. Paul Ahnert	15
Planetensichtbarkeit 1975 · Heinz Albert	3. Umschlagseite

Bildteil

Fotos von Venus, Merkur und Sonne	I—IV
---	------

Amateure beobachten und berichten

Partielle Mondfinsternis 1974 Juni 4/5 photometriert · Heinz Albert	17
Beobachtung der Mondfinsternis am 4./5. Juni 1974 · Dietmar Böhme	18
Meteor gesichtet	19
Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen I	
Hans-H. Lenz	20

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

VII. Zentrale Tagung für Astronomie in Magdeburg	23
Seminar des ZFA über die instrumentelle Ausrüstung des Amateurastronomen — Tonbandarchiv des ZFA	24

Kurzberichte

Frage und Antwort	6
Noch immer rego Sonnentätigkeit — II. Kolloquium zur Methodik des Astronomieunterrichts	25
8. Landestreffen der ungarischen Amateurastronomen — Wie der Club Junger Kosmonauten in Leipzig-Südost arbeitet — Bürgel-Ehrungen 1975	26

Aus der Literatur

Eigenbewegung von Pulsaren entdeckt — Stahlbaupreis für Radioteleskop — Nobelpreis für Radioastronomen — Spacelab — Rätselhafte γ -Impulse	27
Einfluß einer Sonnenfinsternis auf den Verlauf der Tagestemperatur — Fliegendes Sonnenobservatorium in der Stratosphäre	28
Die innere Mondstruktur	29
Mondatmosphäre — Fotografie von punktförmigen Sternbildern mit feststehender Kamera — Projekt ARIES zur Erdbebenvorhersage	30
Ballons kontra Fernsehsatelliten ? — Arabischer Nachrichtensatellit — Neues vom Jupiter und seinem Monde Jo	31
Prof. Dr. N. B. Richter 65 Jahre	32

Buchbesprechung

Planet Erde	4. Umschlagseite
-----------------------	------------------

Redaktionsschluß: 15. 11. 1974

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 8901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Ol. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17; Bernd Zill, Pionier- und Volkssternwarte, 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Heessische Straße 11/12. Fernsprecher 422 97 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

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

Die wissenschaftliche Beobachtung von Doppelsternen

Dr. WERNER PFAU

Die Erforschung der Doppelsterne gehört zu den klassischen Gegenständen der Astronomie. Von der Sache her interessierte dabei zunächst das himmelsmechanische Problem der Bahnbewegung zweier Massen um ein gemeinsames Schwerzentrum. Hinsichtlich der Methode war die erfolgreiche Untersuchung dieser Objekte an die Blütezeit der Positionsastronomie mit ihrer hohen Genauigkeit in der Bestimmung von Sternörter gebunden. Heute ist die Doppelsternforschung unter veränderten bzw. neuen Gesichtspunkten ein unentbehrlicher Grundstein der Astrophysik.

Daß die moderne Forschung an den Doppelsternen nicht vorübergehen kann, folgt schon aus statistischen Angaben über die Häufigkeit dieser Objekte. Für die nähere Sonnenumgebung, innerhalb von 5 Parsec nämlich, führen neuere Kataloge 60 Sterne auf. Von diesen sind nur 26 wirkliche Einzelsterne, die restlichen 34 erscheinen als Komponenten von 15 Doppel- bzw. Mehrfachsternsystemen. Mit einem Anteil von 57 % ist das Phänomen „Doppelstern“ also durchaus keine Einzellerscheinung im Weltall.

Von Bedeutung sind die Doppelsterne vor allem dadurch, daß sie ausgezeichnete Möglichkeiten liefern, wichtige Zustandsgrößen von Sternen zu gewinnen. Das betrifft die Ermittlung von Sternmassen, die auf direktem Wege überhaupt nur bei Doppelsternen möglich ist und die Bestimmung von Sternradien bei Doppelsternen mit Bedeckungslichtwechsel. In Form der dynamischen Parallaxen leisten die Doppelsterne auch einen wichtigen Beitrag bei der Entfernungsbestimmung von Sternen. Über die genau bestimmbaren Radien profitiert die Theorie des inneren Aufbaus der Sterne von diesem Forschungszweig. Die Radien hängen sehr empfindlich von der inneren Struktur ab und der Theoretiker kann auf diesem Wege seine Modelle überprüfen. Einige astrophysikalisch interessante Objekte treten auffällig oft als Komponenten von Doppelsternsystemen auf, so daß ihre bemerkenswerten Eigenschaften möglicherweise mit durch die Doppelsternnatur bedingt sind. Erwähnt seien nur die Wolf-Rayet-Sterne, diese sehr heißen Sterne mit auffälligen Spektren, die eine Art Fortsetzung der Spektralsequenz über die O-Sterne hinaus bilden, und die Novae.

Eine mögliche Einteilung der Doppelsterne geht von Gesichtspunkten der Beobachtung aus. Danach unterscheidet man

- visuelle Doppelsterne,
- astrometrische Doppelsterne,
- spektroskopische Doppelsterne,
- photometrische Doppelsterne.

Bei der Bearbeitung der Objekte kommen dann selbstverständlich alle verwendbaren Beobachtungsmethoden zum Einsatz. Sogenannte optische Systeme, bei denen die Komponenten nur zufällig, durch einen Projektionseffekt, in der gleichen Richtung gesehen werden und die keine gravitative Bindung zueinander haben, sind von unseren Betrachtungen ausgeschlossen. Allerdings ist es in der Praxis gar nicht so einfach, diese Unterscheidung zu treffen. Sie ist mit Sicherheit nur durch oft jahrelange Beobachtung der Bewegungen der Sterne möglich. Ein statistisches Kriterium geht davon aus, daß die am Himmel verteilten Sterne gleicher Helligkeit einen bestimmten mittleren Abstand voneinander haben. Wird bei zwei von ihnen eine wesentlich kleinere Trennung beobachtet, so gehören sie mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit physisch zusammen. Diese statistische Grenze ist helligkeitsabhängig und beträgt für Sterne der 6. Größe 40 Bogensekunden. Engere Paare werden als „echt“ betrachtet.

Visuelle Doppelsterne

In diese Gruppe fallen alle Objekte, an die man im allgemeinen unter dem Begriff „Doppelstern“ denkt. Es sind die Paare (Mehrfachsysteme sind meist sinngemäß eingeschlossen) mit so großem Winkelabstand, daß die Komponenten bei visueller oder photographischer Beobachtung getrennt sichtbar sind. Sie werden auch als „aufgelöste Doppelsterne“ bezeichnet. Bei einem langbrennweitigen Instrument großer Öffnung und geübtem Beobachter liegt diese Auflösungsgrenze überraschend niedrig. Von dem 91cm-Lick-Refraktor wird gesagt, daß eine Trennung von 0,9 gerade noch als solche erkannt wird. Die Zahl visueller Doppelsterne ist entsprechend groß. Innerhalb der oben erwähnten statistischen Grenzen sind bis heute mehr als 40 000 Paare in Katalogen erfaßt.

Ziel der Beobachtung von Doppelsternen ist zunächst die Festlegung der Bahnen, auf denen sich die Komponenten bewegen. Hierbei sind prinzipiell zwei Begriffe zu unterscheiden. Wird die Bewegung der lichtschwächeren Komponente, des Begleiters, auf den Hauptstern bezogen, so spricht man von einer relativen Bahn. Tatsächlich führen aber beide Sterne eine Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt aus und beschreiben dabei die absoluten Bahnen. Im Falle eines Zweikörperproblems handelt es sich um Ellipsenbewegungen, wobei aber die beobachteten Ellipsen durch Projektion der wahren Bahnkurven an die Himmelssphäre und damit verzerrt erscheinen. So erklärt sich auch, daß, scheinbar abweichend vom ersten Keplerschen Gesetz, die Hauptkomponente im allgemeinen nicht im Brennpunkt der relativen Bahn beobachtet wird.

Zur Herleitung von relativen Bahnen werden zu verschiedenen Zeiten die Abstände der Komponenten in Bogensekunden und die Richtung der Verbindungslinie beider Sterne als Positionswinkel gemessen. Man bedient sich dazu photographischer Aufnahmen, die an Instrumenten langer Brennweite gewonnen werden oder führt Messungen mit Mikrometern direkt am Fernrohr aus. Liegen Beobachtungen eines genügend langen Bahnstückes vor, dann können durch umfangreiche Rechnungen die sieben Größen ermittelt werden, die die Größe und Form der Bahn, ihre Lage im Raum und die Bewegung des Begleiters in der Bahn beschreiben. Aus der großen halben Achse a der relativen Bahn (in astronomischen Einheiten) und der Umlaufzeit U (in Jahren) ergibt sich nach dem dritten Keplerschen Gesetz die Summe der Massen beider Komponenten:

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{U^2}$$

Die große Halbachse muß also in linearem Maß bekannt sein. Um diese aus dem gemessenen Winkelwert herleiten zu können, muß man die Entfernung wissen. Eine andere Möglichkeit beruht darauf, daß sich auf spektroskopischem Wege über den Dopplereffekt die Geschwindigkeitskomponente der Bahnbewegung in der Sichtlinie ermitteln läßt. Mit Hilfe der astrometrisch festgelegten Bahnparameter folgt daraus die Geschwindigkeit in der Bahn selbst in Kilometer pro Sekunde, zusammen mit der Umlaufzeit die Bahnlänge und schließlich die große halbe Achse in Kilometer. Der Vergleich dieser Angabe im linearen Maß mit der gemessenen Winkelausdehnung gibt sehr genaue Entfernungen, die sogenannten dynamischen Parallaxen. Leider sind die Bahngeschwindigkeiten der visuellen Doppelsterne meist so gering, daß sich spektroskopische Bahnen nur bei wenigen Sternen gewinnen lassen.

Die Masse ist bisher nur in Form der Massensumme im dritten Keplerschen Gesetz aufgetreten. Um auf die Einzelmassen schließen zu können, müssen neben der relativen Bahn auch die absoluten Bahnen von Hauptstern und Begleiter bekannt sein. Es verhalten sich die großen Halbachsen beider Bahnen (a^* im Winkelmaß) umgekehrt zueinander wie die Massen, d. h.

$$\frac{a_1^*}{a_2^*} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{M_2}{M_1}$$

Der Zusammenhang ist einleuchtend: die größere Masse schwingt in der kleineren Bahn um den Schwerpunkt. Aus der Kombination von Massensumme und Massenverhältnis folgen endlich die Einzelmassen als wichtige Zustandsgröße der Sterne.

Gewinnen lassen sich absolute Bahnen dadurch, daß die Positionen beider Komponenten relativ zu schwachen und damit meist weit entfernten und als ruhend angenommenen Hintergrundsternen bestimmt werden. Das kann ebenfalls mit dem Mikrometer am Fernrohr, direkt am Meridiankreis, heute aber meist auf photographischen Platten erfolgen. Die photographische Methode zeichnet sich bei sorgfältiger Durchführung gegenüber den visuellen Verfahren durch eine beträchtlich höhere Genauigkeit aus, solange die Trennung der Komponenten nicht zu gering ist und photographische Störeffekte die Ergebnisse nicht systematisch verfälschen.

Astrometrische Doppelsterne

In diese Kategorie werden jene Objekte eingeordnet, deren Doppelsternnatur sich bei astrometrischen Arbeiten zeigt. Der Winkelabstand beider Sterne ist in solchen Fällen zu gering, als daß eine Trennung in Komponenten festgestellt werden könnte. Die Umlaufbewegung des Hauptsterns um den System-schwerpunkt äußert sich aber in einer periodischen Ortsveränderung an der Sphäre, die die Positions-astronomie nachweisen kann. Der Stern zeigt keine geradlinige, sondern eine pendelnde Eigenbewegung. Von dieser kann die Bahnbestimmung im Prinzip ausgehen und unmittelbar die absolute Bahn der helleren Komponente ableiten. Diese genügt aber nicht, um die Massensumme berechnen zu können. Dafür wäre die Kenntnis des Abstandes beider Komponenten voneinander (genauer: die

große halbe Achse der relativen Bahn) Voraussetzung. Dieser läßt sich aber nicht messen, da der Begleiter astronomisch nicht selbst beobachtbar ist. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß die tatsächliche Bahn des Hauptsterns sich nur dann ergibt, wenn dieser wesentlich heller als sein Begleiter ist. Im anderen Fall ist das Bildchen des Hauptsterns auf der Photoplate unmerklich deformiert und verlagert. Der Beobachter mißt bei der Auswertung dann nicht die Lage des Hauptsterns selbst, sondern eines sogenannten Photozentrums, das umso stärker zum Systemschwerpunkt hin verschoben ist, je ähnlicher sich die beiden Komponenten in der Helligkeit sind. Das heißt aber, daß eine zu kleine Bahnhälbachse ermittelt wird. Der Extremfall wären zwei eng benachbarte, gleich helle Sterne gleicher Masse. Für diese fielen Photozentrum und Massenmittelpunkt zusammen und es wäre keine periodische Ortsänderung nachweisbar.

In das Problem der Massenbestimmung astrometrischer Doppelsterne gehen zu viele unbekannte Größen ein. Die Aufgabe ist nur exakt lösbar, wenn beide Komponenten spektroskopisch beobachtet werden können. Dann ergeben sich die Einzelbahnen und damit auch die relative Bahn.

Paradebeispiel eines astrometrischen Doppelsterns ist Sirius. Im Jahre 1844 schloß F. W. Bessel aus der wellenförmig verlaufenden Eigenbewegung des Sterns auf die Existenz eines Begleiters. 18 Jahre später stieg Sirius vom astrometrischen zum visuellen Doppelstern auf, als der Optiker A. Clark bei der Prüfung eines 45 cm-Objektivs den lichtschwachen, wenige Bogensekunden vom Hauptstern stehenden Begleiter erkannte.

Den Untersuchungen astrometrischer Doppelsterne verdanken wir Aussagen über die masseärmsten der bisher bekannten Sterne. Zahlenwerte für einige Beispiele sind in der Tabelle 1 (nach Su-Shu Huang, *Vistas in Astronomy*, Vol. 11, 1969) zusammengestellt. Die Angaben sind zum Teil noch mit einer beträchtlichen Unsicherheit behaftet. Das Beobachtungsmaterial muß in diesen Fällen außerordentlich kritisch bearbeitet werden. Schon eine geringe Fehleinschätzung der tatsächlichen Lage des Hauptsterns zu dem beobachteten Photozentrum würde falsche, meist zu kleine Massenwerte ergeben.

Die in Tabelle 1 angeführten Massen fallen in ein Grenzgebiet, in dem den Objekten die Bezeichnung „planetarischer Begleiter“ eher als der Begriff „Stern“ angemessen wäre. Berechnungen zum inneren Aufbau haben ergeben, daß in einem Körper von weniger als etwa 0.01 Sonnenmasse keine Energiefreisetzung durch Kernreaktionen erfolgen kann und damit das wichtigste Merkmal für einen „Stern“ fehlt. Planeten, wie wir sie aus unserem Planetensystem kennen, sind mit der derzeitigen Technik noch nicht nachweisbar. Um Jupiter (etwa 1/1000 Sonnenmasse) aus einer Entfernung von 10 Parsec auffinden zu können, müßten Abweichungen von 0.0005 in der Eigenbewegung der Sonne oder von 0.01 km/s in ihrer Radialgeschwindigkeit beobachtbar sein. Ähnlich ungünstig lägen die Verhältnisse bei einer photometrischen Suche. Der Vorübergang des Jupiter vor der Sonnenscheibe äußerte sich für den fernen Beobachter als eine 1.2 Tage andauernde Lichtschwächung um 0.01 Größenklasse, die entsprechend der Umlaufzeit des Planeten nur alle 12 Jahre auftritt.

Spektroskopische Doppelsterne

Die Bahnbewegung der Komponenten eines Doppelsternsystems verursacht bei entsprechender Lage der Bahnebene relativ zum Beobachter eine periodische Änderung der Radialgeschwindigkeit. Auf Grund des Dopplereffektes führt das zur Verschiebung von Spektrallinien im Spektrum. Wird der Doppelsterncharakter auf diese Weise erkannt, so spricht man von einem spektroskopischen Doppelstern. In diese Kategorie fallen vorwiegend enge Systeme, weil nur bei diesen die Bahngeschwindigkeit hinreichend

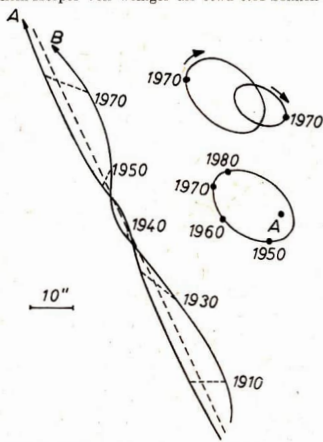


Abb. 1: Bahnkurven von Sirius (A) und Begleiter (B). Links die Bahn an der Sphäre, rechts oben die absoluten Bahnen beider Komponenten, darunter die relative Bahn (man beachte, daß der Hauptstern A außerhalb des Brennpunktes erscheint).

Tabelle 1

	Entfernung in Parsec	Masse des nicht sichtbaren Begleiters in Sonnenmassen	Umlaufzeit in Jahren	Große Halbachse in Bogensekunden
Barnards Pfeilstern	1.8	ca. 0.0015	24	
61 Cyg	3.4	≥ 0.008	4.8	0.010
BD + 36° 2147	2.5	ca. 0.01	8.0	0.034
η Cas	5.5	ca. 0.01		
AD Leo	4.7	≥ 0.02	ca. 9	

groß und als Dopplereffekt nachweisbar ist. Sind die beiden Sterne des Systems von vergleichbarer Helligkeit, so werden zwei gegeneinander oszillierende Liniensysteme im Spektrum sichtbar (Zwei-Spektren-System). Ist der Begleiter zwar massereich genug, um den Hauptstern zu einer merklichen Bahnbewegung zu bringen, aber zu lichtschwach, um sich im Gesamtlicht bemerkbar zu machen, so treten im Spektrum nur die periodisch verschobenen Linien des Hauptsterns auf (Ein-Spektrum-System). Solche Sterne variabler Radialgeschwindigkeit sind sehr zahlreich bekannt. Bei ungünstiger Lage der Bahn im Raum macht sich ein Dopplereffekt gar nicht bemerkbar. Die Duplizität wird dann unter Umständen nur dadurch erkannt, daß das Spektrum als Überlagerung zweier normaler Sternspektren (Kompositumspektrum) erscheint.

Bei der Ermittlung der Bahnelemente muß von der Radialgeschwindigkeitskurve ausgegangen werden, in der die beobachtete Geschwindigkeitskomponente in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt ist. Daß diese Kurve von den Bahnparametern abhängen muß, ist einleuchtend.

Aus den Keplerschen Gesetzen folgt, daß sich die Geschwindigkeit mit der momentanen Lage des Sterns in seiner Bahn ändert. Sie ist am größten im Periastron, dem dem Brennpunkt am nächsten liegenden Bahnpunkt, und am kleinsten im gegenüberliegenden Apastron.

Die beobachtete Radialgeschwindigkeit wird aber noch entscheidend von der Bahnlage bestimmt. Selbst die größte Periastronbewegung führt zu keiner Linienverschiebung, falls die Bewegung dort tangential zum Beobachter erfolgt. Die Zusammenhänge sind recht kompliziert, es läßt sich aber eine Formel aufstellen, in der Radialgeschwindigkeit und Bahnelemente miteinander verknüpft sind. Durch Kombination von mehreren, zu verschiedenen Zeiten gewonnenen Messungen folgen dann die gesuchten Größen.

Leider ergibt sich aus den spektroskopischen Beobachtungen in keinem Fall die Neigung der Bahn. Es wird immer nur die Projektion der Bahnellipse auf eine Ebene durch Stern und Beobachter wirksam. Das bedeutet, daß die große Halbachse um einen unbekannten Faktor, den Sinus des Neigungswinkels i , verkürzt erscheint. Das pflanzt sich in die Massenbestimmung fort. Aus der vollständigen Auswertung von Zwei-Spektren-Systemen ergeben sich nur Größen $M \sin^2 i$, nicht die Massen M .

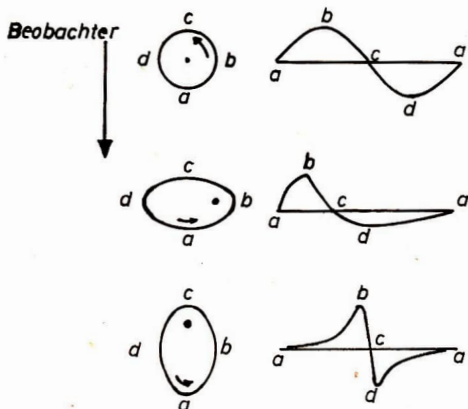


Abb. 2:

Die Entstehung verschiedener Radialgeschwindigkeitskurven bei unterschiedlicher Lage der Bahn spektroskopischer Doppeltsterne relativ zum Beobachter.

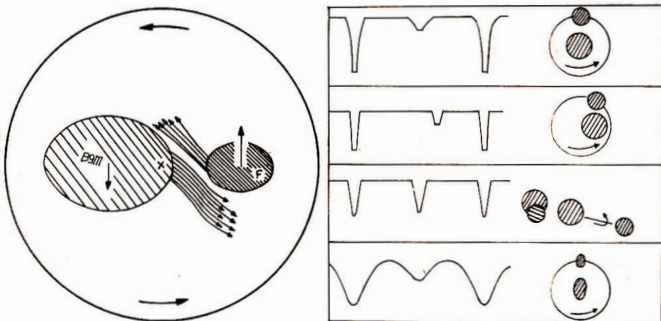


Abb. 3, oben links: Modell des Systems β Lyrae. Das Kreuz ($\times$) kennzeichnet den gemeinsamen Schwerpunkt, um den die Sternkomponenten und die Gasscheibe rotieren. Abb. 4, oben rechts: Zusammenhang zwischen der Form der Lichtkurve photometrischer Doppelsterne und Eigenschaften des Systems.

selbst. Die Neigung ist nur zu eliminieren, wenn der Stern entweder gleichzeitig als visueller Doppelstern oder als Bedeckungsveränderlicher beobachtet ist. Im ersten Fall ergibt sich der Wert i aus der Bahnbestimmung, im anderen Fall muß die Neigung nahe Null sein, da sonst keine Bedeckung zustande käme. Trifft beides nicht zu, so ist man auf eine statistische Bearbeitung angewiesen. Dazu werden Sterne gleichen Spektraltyps gemeinsam betrachtet und es wird angenommen, daß die Neigungen statistisch verteilt und alle i gleich wahrscheinlich sind.

Über das himmelsmechanische Problem der Bahn- und Massenbestimmung hinausgehend, haben die spektroskopischen Untersuchungen Einblick in interessante physikalische Vorgänge in engen Doppelsystemen gegeben. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel dafür ist der Stern β Lyrae, der auch als Bedeckungsveränderlicher bekannt ist. Sein Spektrum ist aufgebaut aus

- dem für einen Stern vom Spektraltyp B9III typischen Absorptionsspektrum (es zeigt Schwankungen in der Radialgeschwindigkeit um insgesamt etwa 360 km/s mit der gleichen Periode von knapp 13 Tagen, wie sie beim Lichtwechsel auftritt)
- einem merkwürdigen Absorptionsspektrum, das nur eine geringe Änderung der Radialgeschwindigkeit zeigt
- einem Emissionsspektrum veränderlicher Intensität.

Aus dem spektroskopischen Befund und der Lichtwechselkurve ergibt sich folgende Deutung: Zwei Sterne, einer vom Typ B9III und ein F-Stern, bewegen sich um ein gemeinsames Schwerzentrum. Die Bahngeschwindigkeiten betragen 180 km/s für den Riesenstern und 270 km/s für den masseärmeren und weiter vom Schwerpunkt entfernten Begleiter. Der Riese trägt 96 % zum Gesamtlicht bei und ist die Quelle des erstgenannten Anteils im Spektrum. Beide Sterne umkreisen einander auf so enger Bahn, daß sie nahezu im Kontakt stehen. Die dadurch bedingten Störungen ziehen Gasströme mit Geschwindigkeiten bis zu 360 km/s aus den Sternoberflächen heraus. Diese heißen Ströme verursachen das Emissionsspektrum, das jedoch immer dann verschwindet, wenn eine Sternkomponente den Gasstrom verdeckt. Die freigesetzten Gase verteilen sich auf eine rotierende und langsam expandierende Scheibe. Von deren Rand aus verliert das System laufend einen beträchtlichen Teil Materie an den interstellaren Raum. Bei der derzeitigen Verlustrate wäre das System in nur 300 000 Jahren „ausgelaufen“. Vor Ablauf dieser Zeit werden aber entscheidende Änderungen in der Struktur auftreten, die einen weiteren Masseverlust verhindern. Derartige, in engen Doppelsystemen vorkommenden Masseverluste sind für die Astrophysik u. a. deshalb von Interesse, weil sich bei den entsprechenden Objekten die Entwicklung von Sternen veränderlicher Masse studieren läßt.

Photometrische Doppelsterne

Diese Doppelsternsysteme werden — bei anderem Ausgangspunkt der Betrachtungen — auch als Bedeckungsveränderliche bezeichnet. Das sind Veränderliche, bei denen sich der Lichtwechsel im Prinzip durch die periodische gegenseitige Bedeckung der Komponenten erklären läßt. Aus der Licht-

kurve muß sich demnach rückwärts auf die Bahnparameter des Doppelsterns schließen lassen. Die Analyse solcher photometrischer Beobachtungen ist allerdings wesentlich komplizierter, als es bei der Radialgeschwindigkeitskurve der spektroskopischen Doppelsterne der Fall ist. Das liegt daran, daß die Lichtkurve nicht nur durch die Bahnform und -lage bestimmt ist, sondern zusätzlich Eigenschaften der Sterne eingehen. Das sind vor allem die Sternradien, ihre Leuchtkräfte und eine mögliche Randverdunklung und Elliptizität der Komponenten. Diese und weitere Größen bestimmen, wie sich die gegenseitige Bedeckung für einen Beobachter darstellt. Im folgenden sollen einige Zusammenhänge angedeutet werden.

Minima in der Gesamthelligkeit des Systems treten immer dann auf, wenn die eine Sternkomponente die andere verdeckt. Zeigen beide Sterne die gleiche Flächenhelligkeit, haben also die gleiche effektive Temperatur, so sind die Minima gleich tief. Andernfalls lassen sich ein Haupt- und ein Nebenminimum unterscheiden. Die Intensitäten während des konstanten Lichtes und in den Minima berechnen sich aus der Größe der Oberflächen beider Sterne und aus der jeweiligen Flächenhelligkeit als der von der Flächeneinheit pro Zeiteinheit ausgestrahlte Energie. Eine einfache geometrische Betrachtung zeigt, daß das Verhältnis der Tiefe der Minima gleich dem Verhältnis der Flächenhelligkeiten ist. Die letzteren hängen aber eindeutig von der effektiven Temperatur ab, so daß die Lichtkurve das Verhältnis der Oberflächentemperaturen der Sterne widerspiegelt.

Im Falle einer kreisförmigen Bahn tritt das Nebenminimum zeitlich genau zwischen zwei Hauptminima auf. Zeigt die Bahn aber eine Exzentrizität, so können sich, abhängig von der Bahnlage allerdings, die unterschiedliche Bahngeschwindigkeit und die unterschiedliche Länge der Bahnbögen zwischen zwei Bedeckungen bemerkbar machen und zu einer Verschiebung des Nebenminimums in der Lichtkurve führen.

Wenn die beiden Sternkomponenten unterschiedliche Radien haben und die Bahnneigung einen bestimmten Wert nicht übersteigt, dann projiziert sich der kleinere von beiden längs eines ganzen Stückes der Bahn auf den größeren Stern (oder steht entsprechend dahinter) und die Lichtkurve zeigt auch im Minimum für eine ganze Zeit konstante Helligkeit. Auf dieser Tatsache baut eine ganz wesentliche Methode zur Gewinnung von Sternradien auf.

Gelegentlich zeigen die Beobachtungen allerdings Minima mit einer schwach gekrümmten „Sohle“. Diese sind bedingt durch den Helligkeitsabfall, den Sterne zum Rande hin zeigen (Randverdunklung). Dieser wird durch den kleineren Begleiter während einer Bedeckung „abgetastet“. Komponenten von Doppelsternsystemen, bei denen der Abstand nur von der Größenordnung der Sternradien selbst ist, sind durch die gegenseitige Gravitationswirkung zu nicht-sphärischen, eiförmigen Körpern verformt. Die Lichtkurve hat in diesen Fällen einen wellenartigen Charakter, Zeiten konstanter Helligkeit treten dann nicht mehr auf.

Die verschiedenartigen Formen der Lichtkurven werden in der Veränderlichen-Forschung zur Klassifikation benutzt. Dort werden unter den Bedeckungssternen als Gruppen die Vertreter von Algol-, β Lyrae- und W Ursae Maioris-Typus unterschieden. Diese Einteilung ist — wie hier abgehandelt — Ausdruck bestimmter geometrischer und physikalischer Verhältnisse in Doppelsternsystemen.

Die Ermittlung der interessierenden Größen aus den Beobachtungsdaten ist sehr kompliziert und oft nur bei zusätzlicher spektroskopischer Untersuchung möglich. Daraus geht noch einmal hervor, daß eine strenge Trennung von spektroskopischen und photometrischen Doppelsternen nicht möglich ist.

Frage und Antwort

Unser Leser H. Grellmann in 993 Adorf fragt: Für welche Wellenlängen sind die Farbfilter im Farbglasrevolver und die der Ansatzkamera für Mond- und Planetenaufnahmen vom VEB Carl Zeiss durchlässig?

Die Redaktion (At) antwortet: Sowohl die Farbfilter im Farbglasrevolver als auch jene, die zur Ansatzkamera vom VEB Carl Zeiss Jena mitgeliefert werden, haben folgende Werte:

Bezeichnung des Filters	durchlässig für Wellenlängen in Å		
	von	bis	Max
NG 4 (Neutralglas)	3800	7600	
RG 2 (Rotfilter)	6500	IR	
GG 7 (Gelbfilter)	4300	IR	
VG 8 (Grünfilter)			5250
BG 12 (Blaufilter)			4100

Das Unternehmen Mariner 10

KARL-HEINZ NEUMANN

Der Raumflugkörper Mariner 10 sollte den Planeten Venus passieren, Untersuchungsergebnisse sowie Fernsehaufnahmen dieses Planeten übertragen, und mit Hilfe der Venusgravitation auf eine Bahn gelangen, auf der er nahe an den Planeten Merkur heran kam. Der Start erfolgte am 3. November 1973 mit einer Atlas Centaur-Rakete von Cape Canaveral aus. Am 5. Februar 1974 erreichte die Sonde die venusnächste Entfernung.

Ausrüstung

Mariner 10 besteht aus einem achteckigen Körper und zwei Auslegern mit Solarzellenflächen. Er besitzt eine Parabol- und eine Rundstrahlantenne sowie einen Ausleger für die beiden Magnetometer. Für die Bahnkorrekturen dient ein Hydrazin-Triebwerk. An Meßgeräten sind vorhanden: zwei Fernsehkameras, zwei Ultraviolettsektrometer, ein Infrarotradiometer sowie ein S- und X-Bandsender, der auf den Frequenzen von 2295 und 8415 MHz arbeitet. Ferner gehörten zur Ausrüstung ein Plasmaanalysator, ein Detektor für geladene Partikel und die schon erwähnten beiden Magnetometer.

Teilweises Geräteversagen

Während des Fluges zur Venus versagte die Heizung der Vidicon-Kameras, was aber auf die Qualität der Bilder keinen Einfluß hatte. Auch das Stabilisierungsschwungrad fiel aus. Dieser Fehler konnte mit den Gasdüsen für die Orientierungstabilisierung ausgeglichen werden. Allerdings war damit der Drehwinkel der Kameraplattform von 122 auf 107 Grad eingeschränkt. Auch der Plasmaanalysator konnte nur einen Teil der vorgesehenen Untersuchungen ausführen, da sich der Deckel des Gerätes nicht vollständig öffnete. Infolge von Schwierigkeiten mit der S-Band-Antennenzuführung mußte auch die Echtzeitübermittlung von Bildern (ohne Qualitätsminderung) eingeschränkt werden. Entwickelt und gebaut wurde die Raumsonde vom Boeing-Konzern, für das Unternehmen verantwortlich war das Jet Propulsion Laboratory.

Die Sonde nähert sich der Venus

Als Mariner 10 den venusnahen Raum erreichte, war dieser Planet rund 45 Millionen km von der Erde entfernt. Die größte Annäherung an die Venusoberfläche betrug 5760 km. Die Bahn war so ausgelegt, daß die Venusgravitation die Geschwindigkeit der Sonde abbremste und diese damit auf eine Flugbahn kam, die alle 176 Tage am Merkur vorbei führt.

Die Ausnutzung der Gravitation eines anderen Himmelskörpers für gezielte Bahnänderungen ist nicht neu. Sie erfolgte erstmalig 1959 durch die sowjetische Sonde Luna 3. Hier war es die Mondgravitation, die die Bahn dieser Sonde sowohl in ihrer Neigung als auch in ihrer großen Halbachse so veränderte, daß Luna 3 über die Rückseite des Mondes gelangte (Linie Mond-Sonne) und damit in der Lage war, erste Aufnahmen der Mondrückseite zu machen und diese zur Erde zu übertragen.

Bei dem amerikanischen Experiment mußte eine sehr hohe Genauigkeit des Vorbeifluges an der Venus garantiert sein. Ein Fehler von einem Kilometer in der Nähe der Venus hätte für die Merkurpassage einen Fehler von 1000 Kilometern ergeben. Ohne eine zusätzliche Bahnkorrektur — die am 16. März 1974 erfolgte — wäre der Merkur in 7000 km statt mit dem vorgesehenen und auch erreichten Werte von weniger als 1000 km passiert worden.

Mariner 10 erreichte die Venus von der Nachtseite her. Deshalb wurden die Vidicon-Kameras erst 40 Minuten vor dem Erreichen des venusnächsten Bahnabschnittes eingeschaltet. Die beiden Vidicon-Kameras waren mit je einer Weitwinkeloptik und einer Teleoptik ausgerüstet. Das Weitwinkelsystem hatte eine Brennweite von rund 6,2 cm und das Cassegrain-System eine effektive Brennweite von etwa 1,5 m.

Aufnahmen der Venus

Bis zum 8. Februar 1974 wurden über acht Filter rund 3000 Bilder der Venus aufgenommen. Die meisten wurden auf Magnetband gespeichert, insbesondere jene, die gewonnen wurden, als die Sonde von der Erde aus gesehen sich hinter der Venus befand. Gesendet wurden die Fernsehaufnahmen an die Empfangsstationen in Goldstone, Canberra (Austr.) und Madrid (Spanien).

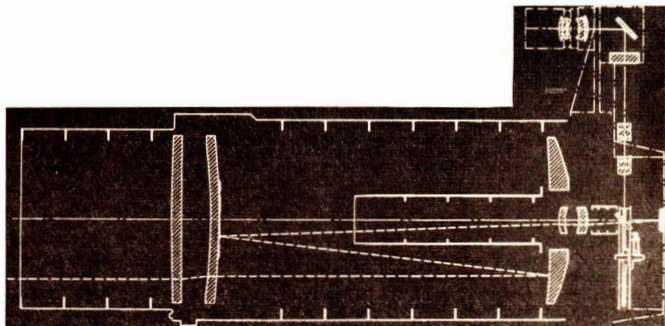


Abb. 1: Schematische Darstellung des doppelt vorhandenen Kamerasystems von Mariner 10, ein Cassegrain-System mit 7 Zoll-Öffnung bei einem Öffnungsverhältnis von $f/8,43$. Die Linsensysteme sind sphärisch. Das Gesichtsfeld dieser hochauflösenden Kamera beträgt $0,36 \times 0,48$ Grad. Jede der beiden Kameras besitzt ein „Filterrad“, welches Spektralbereiche von $3740 \text{ \AA}$ im ultravioletten bis zu $5760 \text{ \AA}$ im Orangebereich auswählen kann. Oberhalb dieser Teleskope ist ein Tubus angebracht, der für die Aufnahme von Weitwinkelbildern vorgesehen ist. Die Brennweite des Objektivs liegt bei etwas über 50 mm, über eine Fieberoptikbank können hier Aufnahmen bis zu 90 Grad Gesichtsfeld erfolgen. Das Aufnahmevidicon besitzt ein Rastersystem von $9,6 \times 12,5 \text{ mm}$ und zeichnet 700 Linien mit 832 Bildpunktelementen auf.

Kurz nach dem Start von Mariner 10 war die Fernsehanlage schon einmal in Betrieb gesetzt worden. Es wurden probeweise Bilder vom Mond und der Erde aufgenommen und übertragen. Das Cassegrain-Teleskop hatte ein Gesichtsfeld von 0,5 Grad, während das Weitwinkel-System ein Gesichtsfeld von 11 bis 14 Grad hatte. Jedes Fernsehbild besteht aus 700 Zellen mit 832 Bildpunkten pro Linie.

Am 5. Februar 1974 um 16 Uhr 21 Min. WZ begann Mariner 10 alle 42 Sekunden ein Bild von der Venus aufzunehmen. Bis zum 9. Februar wurde diese Bildfrequenz aufrecht erhalten und danach auf vier Bilder pro Stunde reduziert. Da am 13. Februar die Distanz zur Venus schon so groß geworden war, daß das Auflösungsvermögen jenem Wert entsprach, der mit großen Teleskopen von der Erde aus zu erreichen ist, wurde das Kamerasystem abgeschaltet. Rund 3400 brauchbare Fotos waren zur Erde gesendet worden.

Venuswolken und -Atmosphäre

Die im sichtbaren Bereich aufgenommenen Bilder zeigen keine Struktur in der Venusatmosphäre. Details der Wolkenverteilung ergaben sich aus den im UV-Bereich aufgenommenen Fernsehbildern. Das maximal erreichte Auflösungsvermögen betrug etwa 100 m. Die Bilder enthalten eine riesige Zahl von Details. Man erkennt einen für die Venus globalen Zirkulationsmechanismus. An den beiden Polen der Venus erscheinen weiße strukturlose Wolkenkappen. In den äquatorialen und gemäßigten Breiten ließen sich symmetrisch liegende sogenannte Hadley-Konvektionszellen nachweisen. Sie haben Y- bzw. V-förmige Struktur, die zu den Nord- und Südpolargebieten führen. Der englische Physiker Hadley hatte 1735 ein Modell dieser Zirkulation für die Erdatmosphäre aufgestellt. Hier ist es aber infolge der Existenz von Ozeanen nur teilweise gültig. Bei der Venus scheint dieses Modell aber verblüffend genau zu entsprechen. Die über dem Äquator erwärmten Gase werden durch die Rotation des Planeten zu den Polen transportiert (wie auf der Erde z. B. die Passatwinde).

Einzelne Wolkenformationen in der Äquatorregion der Venus können dem Kumulustyp zugeordnet werden. Ringförmige Strukturen von Konvektionszonen bis zu 30 km Durchmesser ließen sich in der kalten Hochatmosphäre der Venus nachweisen. In mittleren Breiten und über den Polen sind langgezogene Wolkenformationen, die an irdische Zirkuswolken erinnern, auf den Bildern zu erkennen. Auch hier sind Konvektionsbewegungen nachweisbar. Sie ähneln den auf der Erde auftretenden Wolkenformationen in den Passatwindgebieten.

Eine besonders interessante, noch ungeklärte Entdeckung war eine Dunkelwolke von etwa 2000 km Durchmesser, die ortsfest über dem subsolaren Punkt der Venus festzustellen ist, während die übrigen Wolkenschichten den Planeten in rund vier Tagen einmal umrunden. Die Wolkenrotation ist demzufolge 60mal schneller als die Eigenrotation des Planeten, die 353 Tage dauert. Als maximale Geschwindigkeit konnten über dem Äquator Werte bis zu 350 km/h gemessen werden. Das entspricht etwa den Geschwindigkeiten, wie wir sie auf der Erde von den sogenannten Jetstreams kennen.

Die wichtigste für den Temperaturhaushalt der Venus maßgebende Zone liegt in 43 km Höhe. Hier herrscht eine Temperatur von rund -40 Grad Celsius. Die Geschwindigkeit der Wolken nimmt von etwa 65 Grad nördlicher und südlicher Breite an erheblich zu, wobei durch die auftretende kinetische Energie Kondensationen von Wasserstoff und Schwefelsäure entstehen und eine Erhöhung der Wolkendichte zu den Polen hin erfolgt. In der Nähe der Pole erreicht die Windgeschwindigkeit Werte von 720 km/h und kommt damit sogar dem dieser Höhe entsprechenden Wert der Schallgeschwindigkeit nahe.

Beim Radiobedeckungsexperiment konnte festgestellt werden, daß die Signale des S-Bandes etwa ab 45 km Höhe von der Venusatmosphäre absorbiert wurden. Das entspricht etwa dem unteren Niveau der oberen Wolkenschicht. Die X-Bandsignale wurden bereits in 52,5 km Höhe, also an der Oberseite der Wolkenschicht, völlig absorbiert. Die Aufnahmen des Planetenrandes zeigen deutlich drei übereinander vorhandene Wolkenschichten, über denen sich noch eine dünne diffuse Nebelschicht befindet.

Sonnenwind und Venus-Magnetfeld

Untersuchungen über die Wechselwirkung mit dem Sonnenwind ergaben, daß die Venus im Gegensatz zu Erde und Jupiter diesen nur geringfügig im wesentlichen mechanisch beeinflußt. Die Magnetfeldmessungen durch Mariner 10 ergaben, daß das allgemeine Magnetfeld der Venus schwächer als 0,05 Prozent des Erdmagnetfeldes ist. Vom 6. Tage vor der größten Annäherung an konnte ein kometenähnlicher Schweif in der Nähe der Venus festgestellt werden. Dieser Schweif, der sich über der Nachtseite der Venus befindet, ist ständig in Richtung Sonne-Venus orientiert. Es handelt sich hierbei um eine Art Strudelbewegung des Sonnenwindes, die durch den Planetenkörper hervorgerufen wird. Kurz vor der Bedeckung der Sonde durch die Venus konnte eine Erhöhung des Magnetfeldes von 10 auf 20 Gamma gemessen werden, was die Existenz einer Schockfront an der Sonnenseite des Planeten wahrscheinlich macht. Diese Wechselwirkung zwischen der Hochatmosphäre und dem Sonnenwind ist im Vergleich zur Erde äußerst schwach.

Der Chemismus der Venusatmosphäre

Es konnte ferner nachgewiesen werden, daß in der oberen Venusatmosphäre der Wasserstoff den wesentlichsten Bestandteil bildet. In der oberen Wolkenschicht ist der Wasserstoff an das SO_4 -Ion gebunden und tritt demzufolge als Schwefelsäure auf. Dieser Wasserstoff der Hochatmosphäre entstammt sicher nicht einer ehemaligen Uratmosphäre des Planeten. Das schließt man vor allem daraus, daß kein Deuterium nachgewiesen werden konnte. Die Vermutung liegt deshalb nahe, daß der Wasserstoff vom Sonnenwind stammt. Bei der Erde wird der anströmende Sonnenwind zum großen Teil durch das Magnetfeld in den Raum abgelenkt. Bei der Venus verdichtet der Sonnenwind in den Raum abdifferenzierenden Wasserstoff. Die sehr intensive Linie H-Alpha im ultravioletten Spektrum deutet auf die Richtigkeit der Hypothese des von der Atmosphäre abgestreuten Sonnenwindes. Helium ist neben Kohlendioxid als ein weiterer Bestandteil der Venusatmosphäre auf Grund des Rekombinationsleuchtens der Linie bei 584 Å nachgewiesen worden. Auch atomarer Sauerstoff ist in der oberen Atmosphäre vorhanden und zwar in etwa der zehnfachen Konzentration wie in der Hochatmosphäre des Mars. Ferner konnten atomarer Kohlenstoff und Kohlenmonoxid gefunden werden. Diese Stoffe entstehen durch die Fotodissoziation von Kohlendioxid.

Temperaturgleichheit der Tag- und der Nachtseite

Die Temperaturmessungen mit dem Infrarotradiometer, bei der die obere Wolkenschicht im Spektralbereich von 35 bis 55 Mikromikron abgetastet wurde, ergab die Bestätigung früherer Messungen, die die sowjetischen Venus-Sonden angestellt hatten. Es konnte kein Unterschied zwischen der Tag- und Nachtseite des Planeten festgestellt werden. Der Grund dieses Effektes ist in der äußerst starken Konvektionsbewegung bei der Venusatmosphäre zu suchen. Die Temperaturmessungen ergaben für die obere Wolkenschicht bei senkrechter Aufsicht -24 Grad Celsius und bei schräger Aufsicht unter einem Winkel von 75 Grad -53 Grad Celsius. Diese Unterschiede rühren daher, daß verschieden hohe Schichten erfaßt worden sind.

Venus eine fast ideale Kugel ohne Strahlungsgürtel

Aus der Bahnänderung beim Vorbeiflug an der Venus ließ sich die Masse des Planeten neu bestimmen. Es ergaben sich etwas geringere Werte, als der Vorbeiflug von Mariner 5 erbrachte. Der neu bestimmte Wert beträgt 0,81485 Erdmassen. Man kam ferner zu der Feststellung, daß die Gestalt der Venus fast einer idealen Kugel nahe kommt, die Abplattung an den Polen also mindestens 100mal geringer ist als bei der Erde.

Der Detektor für geladene Teilchen konnte keine Zunahme bei der Annäherung an die Venus feststellen. Die Venus besitzt also keine Strahlungsgürtel, was durch das Fehlen eines allgemeinen Magnetfeldes ohne weiteres verständlich ist.

Existenz von Leben unwahrscheinlich

Aus den Ergebnissen der sowjetischen Venus-Sonden war bereits eindeutig zu entnehmen, daß an der Oberfläche der Venus mit ihren fast 500 Grad Celsius betragenden Temperaturwerten und dem Druck von fast 100 Atmosphären kein Leben existieren kann. Die Temperaturen sind höher als die Schmelzpunkte von Zinn und Blei. Es gab aber theoretische Überlegungen für die Möglichkeiten der Existenz von Leben in den oberen Schichten der Atmosphäre bzw. in der Wolkenhülle. Der Nachweis von giftigen Substanzen wie Kohlenmonoxid und Schwefelsäure sowie die niedrige Temperatur der oberen Atmosphärenschichten deuten darauf hin, daß auch dort keine Lebensformen existieren können.

Mariner 10 passiert den Merkur

Bei der Annäherung an den Merkur war dieser von der Sonde aus gesehen etwa halb beleuchtet. Mariner 10 passierte den Merkur auf der Nachtseite, wobei die geringste Annäherung an den Planeten 750 km betrug. Die größte Annäherung erfolgte am 29. März 1974. Bei der Passage des Merkur wurden insgesamt etwa 2000 Aufnahmen von ausgezeichneter Qualität gewonnen und zur Erde übertragen. Die Aufnahmen des Merkur wurden am 23. März in einem Abstand von 5,4 Millionen km begonnen. Das Einschalten der Kamerasysteme erfolgte über Funkbefehl. Bis zum 3. April, als nach der Passage die Raumsonde einen Abstand von 3,5 Millionen km hatte, waren die Kamerasysteme in Tätigkeit.

Bei der Annäherung an den Merkur, 16 Stunden vor der größten Nähe, wurden jede Stunde Aufnahmen mit hohem Auflösungsvermögen mit einem 18 Bilder-Mosaik gewonnen. Das Auflösungsvermögen dieser Bilder reicht von 12 bis 4 km. Sie wurden auf Band gespeichert. Von 3 1/2 Stunden bis zu 35 Minuten vor der größten Annäherung wurde eine Reihe von Mosaik-Bildern direkt übertragen. Bei diesen Bildern reichte das Auflösungsvermögen von 3 bis 0,7 km. Von 35 Minuten vor der größten Annäherung bis zu 22 Minuten nach der größten Merknähe wurden 36 Bilder auf Band aufgenommen, 18 von der Annäherungsseite und weitere 18 von der Vorbeiflugseite. Das Auflösungsvermögen dieser Bilder reicht von 500 bis 100 Meter. Bei der weiteren Entfernung von Merkur erfolgte die Sequenz der Bildaufnahme in der gleichen Weise wie bei der Annäherung, nur im Ablauf entgegengesetzt. Obgleich die große Zahl der Merkurbilder sich z. Z. der Abfassung dieses Beitrages noch in der Auswertung befand, lassen sich einige Ergebnisse vorwegnehmen.

Was die Merkurtaufnahmen zeigen

Der erste Eindruck den die Merkuroberfläche vermittelt, ist ihre Mondähnlichkeit. Für die Astronomen waren diese Oberflächenstrukturen nicht überraschend, da bereits in den vorangegangenen Jahren durch Radarbeobachtungen festgestellt werden konnte, daß die Merkuroberfläche in ihrem Relief der des Mondes gleicht. Im Januar 1974 hatten die Radioastronomen des Jet Propulsion Laboratory bereits nachweisen können, daß zumindest 5 Krater von je etwa 50 km Durchmesser und einer Tiefe von 700 Metern auf der Merkuroberfläche vorhanden sind. Die Bilder zeigen nun den Kraterreichtum auf Merkur. Rillen, wie wir sie vom Mond kennen, sind vorhanden; kreisähnliche Tiefländer und relativ ebene Flächen treten auf. Auch sonst erinnern die meisten der Oberflächenstrukturen an die des Mondes. Ältere und jüngere Krater lassen sich gut unterscheiden. Auf den bei der ersten Passage von Mariner 10 übertragenen Bildern sind allerdings keine so ausgedehnten Mareflächen, wie wir sie von der Mondvorderseite kennen, nachzuweisen. Wie beim Mond reichen aber die Durchmesser der festgestellten Krater von großen Dimensionen bis herab zu solchen, die mit dem besten Auflösungsvermögen gerade noch zu erkennen sind. Dabei nimmt, wie vom Mond bekannt, die Zahl der Krater mit abnehmendem Durchmesser ständig zu.

Bei einer Reihe von Kratern, die meist relativ scharfe Ränder haben, lassen sich helle Strahlensysteme (wie vom Mond bekannt) feststellen. Flachere Krater zeigen sehr oft einen Zentralberg. Alle auf Merkur bisher nachgewiesenen Krater, sowohl die großen als auch die kleineren, werden als Ein-

schlagskrater gedeutet. Auch das Verhältnis zwischen Tiefe und Durchmesser der Merkur-Krater entspricht exakt dem der Mondkrater.

Die relativ ebenen Gebiete scheinen wie beim Mond durch den Ausfluß von Magma entstanden zu sein. Einer der Merkur-Krater hat bereits einen Namen erhalten. Es ist der auf den Anflugsbildern sich deutlich abhebende Strahlenkrater, der als erster erkannt wurde. Er erhielt den Namen des kürzlich verstorbenen Planetenforschers Kuiper, des Leiters des Teams, welches die Kamerasysteme entwickelte und die Programmierung für ihren Einsatz ausarbeitete.

Das größte mareähnliche Gebiet auf dem Merkur konnte nahe dem Terminator festgestellt werden. Es hat eine Ausdehnung von rd. 1300 km und liegt bei etwa 195 Grad westlicher Länge und 30 Grad nördlicher Breite. Das Koordinatensystem des Merkur wurde während des Kongresses der Internationalen Astronomischen Union im Jahre 1970 festgelegt. Als Nullmeridian gilt der subsolare Punkt vom 10. Januar 1950 während des Erreichens des Merkurperihels. Die Rotationsperiode des Merkur beträgt 58,64617 Tage (etwa zwei Drittel der Umlaufzeit). Dies ist die siderische Umlaufzeit. Für die Breitengrade des Merkur nimmt man an, daß seine Äquatorebene in der Ebene der Umlaufbahn liegt.

Auf den Annäherungsaufnahmen, die bei etwa 30 Grad westlicher Länge und 25 Grad südlicher Breite erfolgten, erkennt man in der Landschaft Hügelketten, die oft linear verlaufen. Hügel, die sich mitunter bis zu 100 km Länge und 10 km Breite erstrecken, dürften für das Studium der Merkurgeologie von Interesse sein. Die auf den Bildern festgestellten Rillensysteme entsprechen denen des Mondes. Auch Kraterketten (wahrscheinlich Einbruchkrater unter-merkurischer Rillensysteme) lassen sich auf den Bildern nachweisen.

Die Struktur der Oberflächenelemente deutet darauf hin, daß so gut wie keine Erosionswirkung durch eine früher einmal vorhandene Atmosphäre wirksam geworden ist. Die Grundstrukturen der durch Meteoriteneinschlag erzeugten Krater sind über Milliarden Jahre erhalten geblieben. Einige relativ ebene Gebiete deuten darauf hin, daß in der Frühgeschichte dieses Planeten durch innere Erwärmung in einigen Epochen vulkanische Prozesse, also Ausbruch von Lava, für die Formierung einzelner Gebiete verantwortlich ist.

Besitzt Merkur einen Eisenkern?

Durch den Vorbeiflug dieser Sonde ließ sich aus den Gravitationseinflüssen auch die mittlere Dichte von Merkur bestimmen. Sie liegt bei 5,45 Gramm pro cm^3 . Das deutet darauf hin, daß der Merkur einen Kern von bedeutend dichterem Material besitzt. Wahrscheinlich ist Merkur ein in seiner chemischen Zusammensetzung differenzierterer Planet als die Erde und besitzt einen Eisenkern.

Bisher war die Mariner 10-Mission außerordentlich erfolgreich. Am 21. September 1974 passierte Mariner 10 zum zweiten Mal den Merkur, diesmal an der sonnenbelebten Seite. Eine große Anzahl neuer Aufnahmen wurde gewonnen, deren Auswertung noch bevorsteht. Bei dieser Passage wurden auch Gebiete aufgenommen, die sich bei der ersten Passage auf der Nachtseite befanden.

Die endgültige Auswertung der Ergebnisse der Sonde Mariner 10 (eine dritte Merkurpassage ist vorgesehen) werden unsere Erkenntnisse über die Frühgeschichte der Entwicklung der inneren Planeten zweifellos bereichern.

Kein Merkurmond

Die gemeldete Entdeckung eines Merkur-Mondes hat sich als Fehler herausgestellt. Ein Fixstern war bei der ersten Auswertung der Fotos für einen Merkur-Mond von 25 km Durchmesser gehalten worden.

Literatur:

Sky and Teleskop, Vol. 46, No. 4, April 1974. — Sky and Teleskop, Vol. 47, No. 6, Juni 1974. — Aviation Week & Space Technology, Februar 18., 1974. — Aviation Week & Technology, März 25., 1974. — Astronautik, Vol. 11, Heft 2/1974. — Neue Zürcher Zeitung v. 17. 4. 1974.

Die Osterparadoxie des Jahres 1974

Dr. H.-J. FELBER

Die Osterdatierung für das Kalenderjahr 1974 wies eine interessante Eigenart auf, die noch vor 200 Jahren zu einem regen diplomatischen Notenwechsel zwischen den protestantischen Staaten Europas geführt hätte. In den Jahren 1724 und 1744 hatten sich diese Datierungsstreitigkeiten zu kleinen weltgeschichtlichen Ereignissen entwickelt. Die historischen Hintergründe dieser Affären sind ausführlich in den Handbüchern der Chronologie dargelegt. In einem Fall wurde sogar Militär aufgeboten [1].

Diesmal spielte sich dieser sonderliche „Notenwechsel“ lediglich in den Sekretariaten der Kalenderverlage ab, wo verärgerte Zeitgenossen anfragten, ob sich die armen „Kalendermacher“ nicht gründlich verrechnet hätten. In den Kalendarien sei doch am Samstag, dem 6. 4. 74 der erste Vollmond nach Frühlingsanfang ausgedruckt. Also mußte am darauf folgenden Sonntag Ostern sein. Ganz im Gegensatz hierzu hatte man das Fest auf den 14. 4. datiert, also genau eine Woche später.

Ein solch eigentümlicher Fall kommt tatsächlich relativ selten vor. Im 18. Jahrhundert war dieses Phänomen häufiger! Allein fünfmal ereignete sich damals diese Kalamität! Das 19. Jahrhundert verzeichnet hierüber nur das Jahr 1876, und nach 1974 werden erst im 21. Jahrhundert vier ähnlich gelagerte Osterdatierungen kritisch, falls dann überhaupt noch die alten Berechnungsgrundlagen der Gregorianischen Kalenderreform von 1582 Gültigkeit haben sollten.

Wie kommt es nun zu derartigen Abweichungen? Die klassische Osterregel lautet bekanntlich: das Fest wird am Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmond gefeiert. Das galt sowohl vor der Gregorianischen Kalenderreform von 1582 als auch danach, allerdings dann mit verbesserten Vollmondterminen.

Hinter dieser zunächst recht klaren Vorschrift verbergen sich drei Zeitangaben, die bezüglich ihrer Definition näherer Erläuterung bedürfen. Die Angabe des Sonntags als eigentlicher Festtag ist dabei zunächst die einfachste der drei Definitionen. Problematischer ist der Termin des Frühlingsanfangs. Hierzu sagt aber ganz einfach die kirchliche Vorschrift: es ist nach der alten Praxis der alexandrinischen Festrechnung stets der 21. März zu nehmen. Dabei wird keine Rücksicht darauf genommen, daß ja auch sehr häufig astronomisch bereits am 20. 3. dieser Zeitpunkt eintritt, wonach der erste Vollmond durchaus auf den 20. 3. fallen könnte. Die dritte Zeitangabe betrifft den zwischen dem 21. 3. und dem 18. 4. eintretenden Vollmond. Die Berechnung dieses Momentes ist die umstrittenste Frage, weil auch hier kirchlicherweise nicht der astronomisch zu berechnende Zeitpunkt Gültigkeit hat. Vielmehr wird die Bestimmung des ersten Vollmondes nach altertümlichen, zyklischen Vorschriften lediglich auf den Tag genau und nicht auf Stunden oder gar Minuten festgelegt. Diese Zyklen wurden zwar bei der Kalenderreform 1582 gründlich verbessert, jedoch treffen diese so festgelegten Tage nicht immer genau die astronomisch berechnete Tagesangabe. Diese Daten können nämlich um 2 Tage früher oder später eintreten. Ludwig Lange¹⁾ untersuchte diese Abweichungen sehr eingehend bis hin zum 22. Jahrhundert [2].

Uns interessieren hier jedoch nur jene Fälle, in denen es durch die wesentlich genaueren astronomischen Frühlingsanfangs- und Mondphasenbestimmungen zu abweichenden Datierungen kommen könnte, einem Umstand, der besonders im 18. Jahrhundert zu verschiedenen Auseinandersetzungen politischer Art führte.

Kehren wir zur Osterberechnung 1974 zurück. Aus Abb. 1 wird ersichtlich, daß der astronomische Vollmond 2 Stunden vor Beginn des kirchlich definierten „Vollmondtages“ (hier mit „gregorianischer Vollmond“ bezeichnet) eintraf. Der gregorianische Vollmond kam hier früher, ein Umstand, der sich erst 2045, anläßlich einer ähnlich gelagerten Paradoxie wiederholt. Das gregorianische Ostern wurde also völlig zu Recht auf den Sonntag nach dem 7. 4. gelegt. Ludwig Lange bezeichnete in seiner Analyse diese Anomalie mit dem Begriff der positiven Hebdomadaparadoxie. Hierbei nahm er als Zeitdifferenz den Unterschied: Zyklisches (gregorianisches) minus „Astronomisches“ Ostern.

Grundsätzlich muß noch etwas gesagt werden zum Geltungsbereich der Paradoxien. Da die Zeitangabe für den Eintritt des astronomischen Vollmondes stets verbunden ist mit einer bestimmten Zonenzeit, kann es selbstverständlich zu Komplikationen kommen. Dieser Frage ist L. Lange seinerzeit sehr genau nachgegangen. Die von ihm berechneten Fälle beziehen sich alle auf den Normal-

¹⁾ Den tragischen Lebenslauf des Physikers Ludwig Lange — er war der Schöpfer des Begriffs Inertialsystem — schilderte Max von Laue [10].

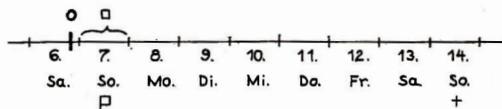


Abb. 1:
1974, April.

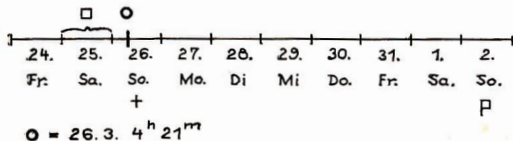


Abb. 2:
1967, März-April.

Abb. 1: 1974, April. Siebenmal tritt in unserem Jahrhundert die negative Hebdomalparadoxie auf; die kirchlichen Vollmonde kommen also hier später!

Abb. 2: 1967, März-April. Hier wäre nach astronomischen Regeln Ostern eine Woche später zu datieren! Auf ein völlig anderes Konto sind die sogenannten echten äquinoktialen Paradoxien zu schreiben. Diese treten weit seltener auf, zwischen 1685 und 1924 niemals! Sie wurden daher in den Handbüchern der Chronologie auch kaum erwähnt.

meridian von Venedig [3]. Der Hauptverteidiger der gregorianischen Kalenderreform war der deutsche Jesuitenpater Christoph Clavius. Er nahm zum Vergleich der gregorianischen Vollmondsdaten die Ephemeriden des Maginus, die auf dem venezianischen Normalmeridian basierten [4]. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden in den Abb. die betreffenden Zeiten in MEZ angegeben. Dies ändert nichts an der allgemeinen Statistik der angezeigten Paradoxien.

Der Leser wird sich nun fragen, inwiefern diese Abweichungen historisches Interesse beanspruchen. Diese Frage spielte 1699 eine außerordentliche Rolle. Damals beschlossen die evangelischen Reichsstände die Überwindung der Datumsdifferenz, die gegenüber den katholischen Ländern seit 1582 eingetreten war. 11 Tage wurden 1700 in den Kalendern der Protestanten ausgelassen. Hingegen beschloß man, „die Osterfestrechnung soll in Zukunft weder nach dem im Julianischen angenommenen Dionysianischen viel weniger Gregorianischen Cyclo, sondern nach dem Calculo Astronomico (wie ehemals zu Zeiten des Concilii Nicaeni geschehen) gemacht werden“ [5].

Weiterhin wurde beschlossen, die Keplerschen „Tabulae Rudolphinae“ als Grundlage der Ephemeridenrechnung zu nehmen. Den Mathematicis sei zu bedeuten, „daß sie strikte dabey bleiben und nach derselben praeceptis ad Meridianum Uranoburgicum die phaenomena coelestia und zumalen das tempus aequinoctii verni und dann den wahren Ostermond in Tag, Stunden und Minuten berechnen“, bis besser mit dem Himmel übereinstimmende Tafeln verfertigt seien [6]. Diese Bestimmungen führten in der Folge zu großen Streitigkeiten 1724 und 1744, wo der Fall der Abb. 1 eintrat. 1778 und 1798 drohten ähnliche Schwierigkeiten, die durch Einwirken Friedrichs II. von Preußen vermieden wurden. 1776 nahmen daher sämtliche evangelischen Staaten Deutschlands endgültig den Gregoria-

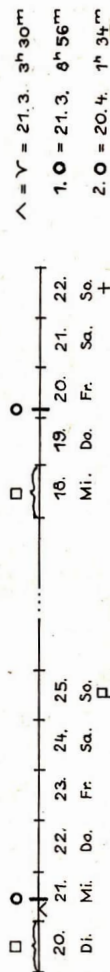


Abb. 3: 1905, März-April.

Abb. 3: 1905, März-April, liegt der gregorianische Vollmond genau 1 Tag vor dem 21.3., es ist demnach gemäß der kirchlichen Regel erst der nächste zyklische Vollmond, also der 18.4., als Ostergrenze – so wird allgemein der kirchliche Frühlingsvollmondstag bezeichnet – zu nehmen. Der astronomische 1. Vollmond nach dem wahren Frühlingsanfang liegt hier jedoch

schon am 21.3. Das astronomisch berechnete Ostern liegt somit 4 Wochen früher als das gregorianische Datum. Hierbei ist sehr interessant, dass diese zwischen 1582 und 2200 liegenden Paradoxien sämtlich positiv sind!

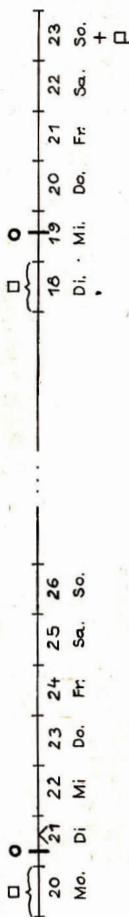


Abb. 4: 1905, März-April.

Abb. 4: 1905, März-April. Eine weitere Konstellation, die man von vornherein als „unechte“ Paradoxie ausschließen kann. Dieser Fall wird insofern nicht kritisch, da der wahre Märzvoll-

mond 2 Stunden vor Frühlingsanfang liegt. Somit gilt auch astronomisch erst der 19.4. als astronomische Ostergrenze. Einfluß hat diese Konstellation auf die Osterdatierung somit nicht!

nischen Kalender an, ebenso Dänemark und die Schweiz. Besonders schwierig gestaltete sich die Lage in Schweden. Hier wurde ab 1740 auf Vorschlag von Celsius zwar Ostern astronomisch berechnet, aber im übrigen seit 1712 erneut julianisch datiert, nachdem seit 1700 ein geradezu einmalig kurioses Schaltverfahren geherrscht hatte [7]. 1753 erfolgte gleichzeitig mit England der Übergang zum neuen Stil. Erst 1844 kehrte Schweden auch bezüglich der Festrechnung zum Gregorianischen Kalender zurück.

Die astronomisch genaue Osterdatierung sollte noch einmal in unserem Jahrhundert diskutiert werden. Im Mai 1923 trat in Konstantinopel ein panorthodoxer Kongreß zusammen. Dort schlug Milutin Milankovitch einen neuen, verbesserten Kalender für die orientalischen Kirchen vor. In diesem sollte der Ostervollmond astronomisch berechnet werden, basierend auf dem Meridian von Jerusalem [8]. Dieser Vorschlag fand zunächst breite Zustimmung. Die orthodoxen Nationalsynoden ratifizierten jedoch den Beschluß der astronomischen Osterrechnung nie.

War auch der astronomischen Osterberechnung nur ein recht kurzes Leben beschieden, so hatte sie doch für die Astronomie eine Bedeutung. Ihre Einführung war eng verbunden mit der Gründung der Berliner Sternwarte, die 1975 ihr 275jähriges Bestehen feiern kann [9].

Literatur:

- [1] K. Gußmann: Johann Hieronymus Yelin. In: Preußische Jahrbücher 57 (1886) 31 ff. — K. Weltbrecht: Der Kalenderstreit in Sibirien. Berlin 1885. — [2] L. Lange: „Paradoxe“ Osterdaten im Gregorianischen Kalender und ihre Bedeutung für die moderne Kalenderreform. In: Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, philos.-philolog. und hist. Kl. Jg. 1928, 9 Abb. — [3] L. Lange; a. a. O., S. 14. — [4] J. Kepler: Opera omnia, ed. Frisch. Vol. IV. Frankfurt 1863. S. 41. — [5] W. v. Schaubroth: Vollständ. Sammlung aller Concl. Schreiben u. übr. Verhandl. ... T. I. Regensburg 1751. S. 183. — [6] W. v. Schaubroth; a. a. O., S. 194. — [7] F. K. Ginzler: Handbuch der mathem. und techn. Chronologie. III. Bd. Leipzig 1914 S. 275. — [8] M. Milankovitch: Das Ende des Julianischen Kalenders und der neue Kalender der orientalischen Kirchen. A. N. 220 (1924) 379. — H.-J. Felber: Die Bestimmung des Frühlingsvollmondes in den unterschiedlichen Osterberechnungen. Die Sterne 38 (1962) 196. — [9] A. Harnack: Geschichte der kgl. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. I. Bd., 1. Hälfte. Berlin 1900. S. 87. Urkundenband, Nr. 37 u. 38. — [10] M. v. Laue: Dr. Ludwig Lange (1863–1936). Ein zu Unrecht Vergessener. Naturwiss. 35 (1948) 193–196.

Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1972/73

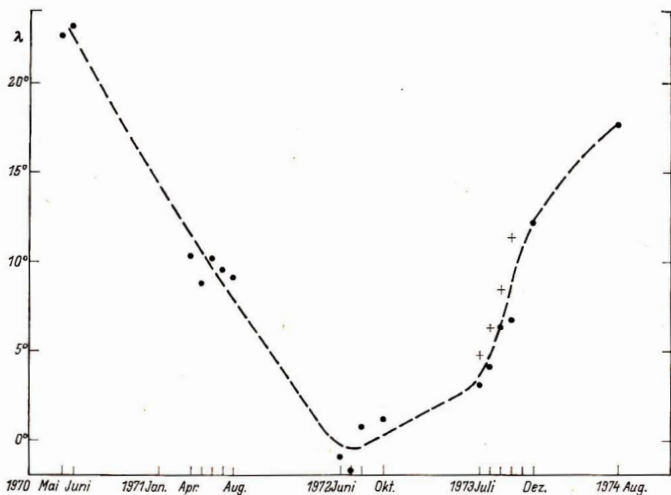
Dr. PAUL AHNERT

Diese Aufstellung schließt an den Bericht in „Die Sterne“ 48, S. 53 (1972) an. In Tabelle 1 sind die einzelnen Beobachtungen von Ahnert (Ah.), Blasberg (Bl.) und Seliger (Se.) angeführt. 1973 geben die Beobachtungen von Blasberg und Seliger die Längen des GRF im Durchschnitt um 2^1 größer als die von Ahnert.

In Abb. 1 sind die Monatsmittel der Beobachtungen eingetragen; 1970 und 1973 bis August 1974 die Werte von Ahnert mit •, 1973 die von Blasberg und Seliger mit +. Die Längen von 1971 sind die Mittel aus den korrigierten Werten des vorigen Berichtes (siehe oben).

Die Kurve zeigt, daß der GRF von 1970 bis 1972 mit gleichförmiger Geschwindigkeit — knapp 1° pro Monat — der Rotation im System II vorausleitete und dann von Mitte 1972 bis Mitte 1973 pro Monat etwa 0^3 und im 2. Halbjahr 1973 pro Monat um 1^5 gegen die Rotation des Systems II zurückblieb. Das erste Monatsmittel von 1974 deutet eine Verlangsamung dieses Zurückbleibens auf rund 0^6 pro Monat an.

Die Längenausdehnung des GRF wurde 1971...1974 aus 28 Beobachtungen des vorangehenden und des nachfolgenden Randes zu $20^4 \pm 0^55$ (Streuung $\pm 2^9$) gefunden.



Längenänderung des GRF von Mai 1970 bis August 1974.

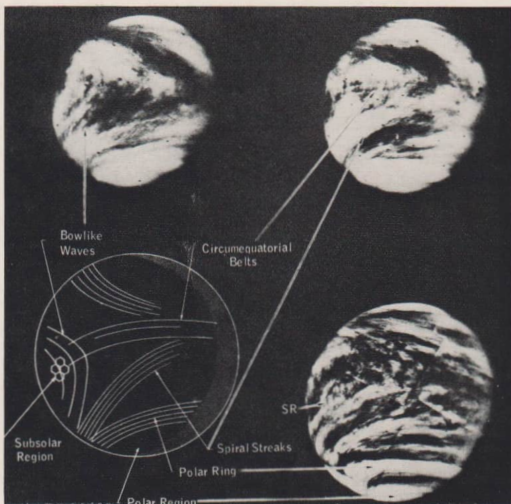
Tabelle 1: Die Beobachtungen

1972	λ	Beob.	1973	λ	Beob.	1973	λ	Beob.
Mai 22	359°8	Ah.	Juli 22	5°4	Bl.	Sept. 4	10°1	Bl.
Juni 3	0°1	Ah.	23	5°1	Se.	6	6°5	Ah.
24	357°5	Ah.	29	3°2	Ah.	9	5°9	Ah.
Juli 2	359°6	Bl.	30	4°8	Bl.	11	7°1	Bl.
16	355°4	Bl.	Aug. 6	4°4	Bl.	13	6°0	Ah.
18	0°0	Ah.	6	3°0	Ah.	23	8°4	Bl.
Aug. 4	1°5	Bl.	8	5°9	Bl.	Okt. 5	5°5	Ah.
9	1°0	Ah.	8	3°5 ¹⁾	Ah.	5	11°4	Bl.
31	359°8	Ah.	10	4°5	Ah.	27	6°5	Ah.
Sept. 24	2°6	Ah.	13	7°0	Bl.	Nov. 1	8°3	Ah.
Okt. 4	0°9	Ah.	13	3°0	Ah.	Dez. 2	12°2	Ah.
21	0°1	Ah.	15	2°6	Bl.	7	12°3	Ah.
			23 früh	7°2	Bl.	10	12°0	Ah.
			23 abds.	6°8	Bl.			
1973			25	5°7	Ah.	1974		
Juli 1	4°8	Se.	27	6°1	Ah.	Juli 31	15°6	Ah.
3	4°7	Se.	27	6°1	Ah.	Aug. 15 früh	17°4	Ah.
6	4°2	Se.	Sept. 1	8°0	Ah.	15 abds.	17°7	Ah.
8	3°0	Ah.	3	5°5	Ah.	29	20°2	Ah.
20	4°8	Se.	4	6°0	Ah.			

¹⁾ Wolkenstörung

Abb. 2:

Drei Ultraviolettphotos der Venusoberfläche, die die Strömungsverhältnisse der Atmosphäre deutlich machen. Die vierte schematische Darstellung zeigt die Andeutung der Strahlungsverhältnisse in der oberen Atmosphärenschicht. Über dem subsolaren Punkt (Subsolar Point bzw. SR) eine dunkle Region starker Konvektionsbewegung infolge der Aufheizung. Sie geht zunächst in eine äquatoriale Strömung (Circum-equatorial Belts) über. Von hier aus erfolgt eine Strömung entgegen der Rotationsrichtung zu den Polen hin (Spiral Streaks). In den sogenannten Polarringen nimmt die Geschwindigkeit zu, die schließlich Werte bis zu 720 km erreicht.



Zum Beitrag S. 7: „Das Unternehmen Mariner 10“



Abb. 3:

Eine aus mehreren Einzelfotos zusammengesetzte Aufnahme der Wolkenbedeckung der Venus, aufgenommen im ultravioletten Spektralbereich.

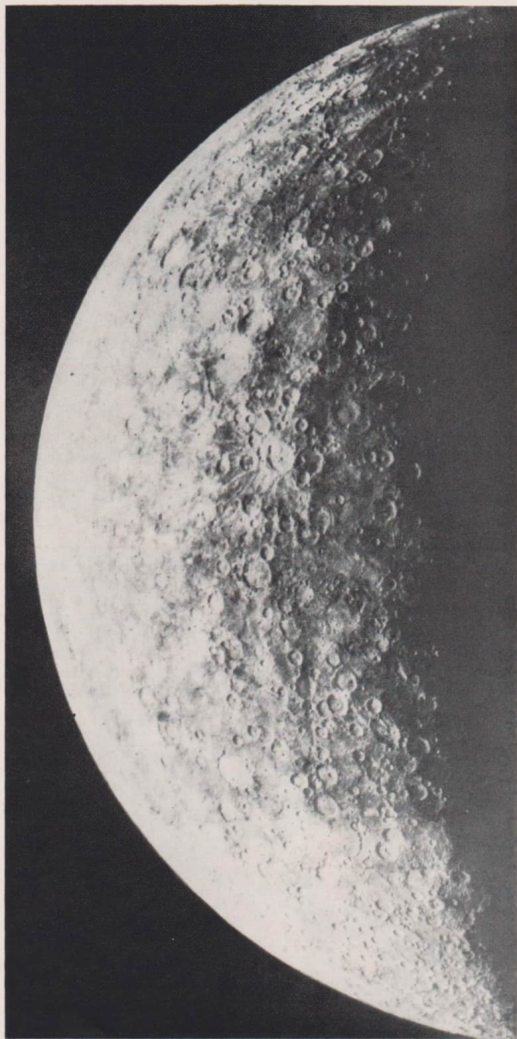


Abb. 4, links:
Aufnahme des Merkur
bei der Annäherung von
Mariner 10 an den Pla-
neten. Seine mondober-
flächenähnliche Struktur
wird bereits deutlich.
Die Aufnahme erfolgte
sechs Stunden vor der
größten Annäherung an
Merkur. Der Terminator
liegt bei etwa 2°
westlicher Länge und der
linke helle Rand bei
110° westlicher
Länge. Etwa in der Mitte
des Bildes, etwas nörd-
lich des Zentrums, ist
der Strahlenkrater er-
kennbar, der den Namen
Kulper erhielt.

Zum Beitrag S. 7

Abb. 5, rechts:
Ein Blick auf das Nord-
polgebiet des Merkur,
aufgenommen während
der Annäherung an den
Planeten in einem Ab-
stand von 76 000 km.
Die Strecke am unteren
Bildrand beträgt etwa
560 km.

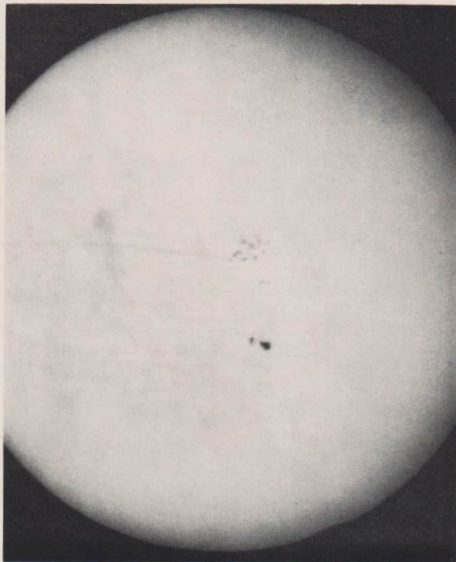




Abb. 6, oben:

Diese aus 36000 km Abstand gewonnene Aufnahme bei der Annäherung an Merkur zeigt einen Krater mit relativ ebenem Grund von etwa 80 km Durchmesser. Am rechten oberen Rand des Kraters ist eine Rille zu erkennen, etwa 9,5 km breit und auf diesem Bild in einer Länge von rd. 37 km abgebildet.

Zum Beitrag S. 7



Zum Beitrag S. 25

Links:

Sonne mit großer Flecken-
gruppe.

1974 Sept. 16 um 10.33 MEZ
Fokalaufn. am Refraktor 170/2400
mit IR-Filter vor Objektiv auf Klein-
bildfilm 15 10 DIN; Bel.-Zeit 1/50 s.
Aufn.: Martin Dietrich

Amateure beobachten und berichten

Partielle Mondfinsternis 1974 Juni 4/5 photometriert

HEINZ ALBERT

Meist beschränken sich die Beobachtungen der Amateurastronomen während der Mondfinsternisse auf die Eintrittszeiten und die Kontaktzeiten für Oberflächenformationen (Berliner System). Das mag daran liegen, daß die Amateure vielerorts als Einzelbeobachter wirken. Dort aber, wo sich Fachgruppen mit genügender Mitgliederzahl gebildet haben, ist die Möglichkeit zur Erweiterung des Beobachtungsprogrammes gegeben. Deshalb entschlossen sich die Mitglieder der Fachgruppe Astronomie in Crimmitschau, neben der photographischen Arbeit und der Bestimmung der Kontaktzeiten auch die Verfarbung der Mondscheibe und den Helligkeitsverlauf der Finsternis in das Beobachtungsprogramm aufzunehmen.

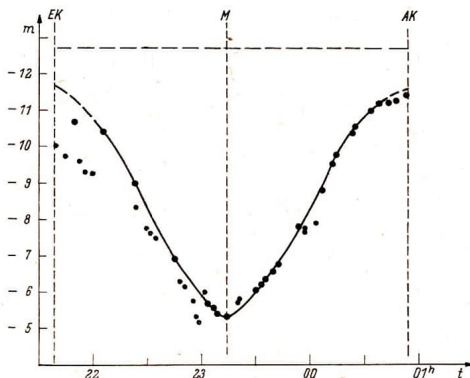
Die photographischen Aufnahmen wurden am Coudé-Refraktor 150/2250 der Sternwarte gewonnen. Es kamen sowohl Schwarz-weiß als auch Colorfilme zur Anwendung. Für die Zeitbestimmung der Kontakte mit Stoppuhren (Zeitzeichenschluß) benutzten zwei Beobachter je ein Schußfernrohr; die Farbwerte wurden — ebenfalls von zwei Beobachtern — sowohl mit unbewaffnetem Auge als auch an einem binokularen Aussichtsfernrohr 80/500 bestimmt.

Weitere zwei Beobachter nahmen mit Hilfe der Silberkugel-Photometrie den Helligkeitsverlauf der Finsternis auf. Dazu wurden zwei Weihnachtsbaumkugeln verwendet, die auf dem Flachdach der Sternwarte auf einer Stange befestigt waren. Dadurch konnte Fremdlichteinfluß fast völlig ausgeschlossen werden. Jede Kugel hatte einen mittleren Durchmesser von 7 cm. Zur Bestimmung des Abstandes Kugel-Auge diente ein Stahlbandmaß. Vor Aufnahme der Beobachtungen wurden 10 Sterne als Vergleichsobjekte mit Helligkeiten größer als 3^m ausgewählt, die vom Standort des Beobachters aus gesehen, nicht allzu weit von der Blickrichtung zur Kugel entfernt standen. Je nach der Wolkenfreiheit wählte der Beobachter einen dieser Sterne für den Vergleich selbständig aus. Das Ergebnis dieser Beobachtungsreihe geht aus Abb. 1 hervor.

Da die Finsternis nicht ohne Wolkendurchzug verlief, mußte eine Anzahl der Messungen von der sich ergebenden Lichtkurve abweichen. So sind alle reduzierten Meßwerte unterhalb der ausgezogenen Kurve auf Cirrus- bzw. Cirrostratus-Wolken vor dem Mond zurückzuführen, während die reduzierten Meßwerte oberhalb des Kurvenzuges auf kaum wahrnehmbare Wolken vor dem Vergleichssterne zurückzuführen sind. Es zeigte sich, daß es gar nicht einfach ist zu entscheiden, ob der gewählte Vergleichssterne bei der vorgenommenen Messung schon völlig wolkenfrei war. Deshalb ist es günstig, wenn der protokollierende Beobachter den zum Vergleich herangezogenen Stern ebenso wie den Mond unter ständiger Kontrolle behält und alle Wahrnehmungen dazu im Protokoll vermerkt. Je präziser die Aufzeichnungen über die Bewölkung sind, mit desto größerer Sicherheit lassen sich die einzelnen Helligkeitswerte bei der Auswertung einschätzen. Schon die Bildung eines schwachen Mondhofes bewirkt eine Helligkeitsabnahme zwischen 0,5 bis 1 Größenklasse.

Wegen der vorherrschenden Bewölkung konnten die Messungen leider nicht bis zum Austritt des Mondes aus dem Halbschatten fortgesetzt werden. Eine Messung nach diesem Zeitpunkt hätte eine Aussage über die Zuverlässigkeit unserer Größenklassenangaben zugelassen. Die Sicherheit der Angaben wird neben den oben genannten atmosphärischen Bedingungen zusätzlich von weiteren vier Faktoren beeinflusst: Von der exakten Bestimmung des Radius r der benutzten Kugeln, vom Reflexionskoeffizienten k der Kugeln, vom Helligkeitsvergleich des Mondbildes auf der Kugeloberfläche mit dem Stern und von der Genauigkeit der Zenitdistanzen des Mondes und der verwendeten Vergleichsterne.

Abb. 1:
Helligkeitsverlauf der
partiellen Mondfinsternis
1974 Juni 4/5.
EK = Eintritt in den Kern-
schatten, M = größte Phase
der Finsternis, AK = Aus-
tritt aus dem Kernschatten.



Die beiden ersten Größen gehen in die photometrische Kugelkonstante A ein, die bestimmt werden kann nach

$$A = -5 \lg r - 2,5 \lg k + 2,5 \lg 4$$

Bei neuen Kugeln dürfte der Faktor $k = 1$ gesetzt werden können, so daß das Glied $(-2,5 \lg k)$ gleich Null wird. Solche Kugeln standen uns nicht zur Verfügung (Sommer!) Wir benutzten solche, die schon mehrere Jahre alt waren, weshalb wir k gesondert bestimmen mußten. Außerdem wichen die Gebilde von der exakten Kugelform relativ stark ab, was uns zur Bestimmung eines mittleren Radius zwang. Die dazu angestellte Fehlerbetrachtung ergab, daß ein Fehler von 5% für den Kugelradius bereits eine Unsicherheit des Helligkeitswertes von 0,1 zur Folge hat. Bei den meisten im Handel befindlichen Weihnachtsbaumkugeln ist der Fehler aber größer als 5%. Will man von der Silberkugelphotometrie künftig häufiger Gebrauch machen, wird die Anschaffung verchromter Stahlkugeln lohnenswert. Außerdem erkannten wir, daß die Verwendung nur einer Kugelgröße wenig vorteilhaft ist. Die von uns benutzten dürften diejenigen mit dem maximalen Durchmesser sein. Dagegen sollten die kleinsten Kugeldurchmesser nicht unter 3 cm liegen. Je geringer die Verfinsterungsphase, desto kleinere Kugeln braucht man, um den Mond punktförmig abzubilden. Der gleiche Fehlerbetrag von 0,1 ergibt sich, wenn beim Helligkeitsvergleich die gemessene Entfernung Auge-Kugel ebenfalls um 5% vom exakten Wert abweicht. Diese Entfernung a ist in der Reduktionsbeziehung

$$m_{\text{Mond}} = m_{\text{Stern}} - A - 5 \lg a$$

enthalten, in der die beiden Helligkeitswerte die um den Extinktionsbetrag verminderten bedeuten, so daß m_{Mond} noch um diesen Extinktionsbetrag zu korrigieren ist. Bei Finsternissen mit großen Zeitdistanzen des Mondes ist es vorteilhaft, diese gesondert messen zu lassen, da die Bestimmungen mit der Sternkarte zu ungenau sind. In unserem Falle traten Zeitdistanzen zwischen 75% und 72% auf. In diesem Bereich machen sich Höhenfehler von 1° bereits mit Differenzen der visuellen Extinktion bis zu 0,1 bemerkbar.

Weitere Verfälschungen der Meßergebnisse z. B. durch Tau- bzw. Reifbeschlag der Kugeln können durch ihr regelmäßiges Austauschen vermieden werden. Darum sollten von jeder Größe zwei Kugeln vorrätig sein. Nur dann, wenn die gesamte Meßreihe vom gleichen Beobachter ausgeführt wird, der schon Tage vor der Finsternis sich in dieser Beobachtungsmethode geübt hat, ist auf eine homogene Kurve zu hoffen. Die Erfahrung lehrt, daß diese Methode von Beobachtern mit relativ kurzer Beobachtungspraxis schnell angeeignet werden kann und zu brauchbaren Ergebnissen führt. Demgegenüber fordert die Kontaktzeitbestimmung neben der Fähigkeit, Details der Mondoberfläche sicher zu identifizieren, ein hohes Maß an Beobachtungserfahrung, die sich meist erst nach mehreren Finsternisbeobachtungen einstellt. Übungsmöglichkeiten dazu bieten allerdings auch Beobachtungen der Jupitermondverfinsterungen. Die Kenntnis dieser Schwierigkeit bestimmte uns, ein bisher unerfahrenes Mitglied der Fachgruppe mit einem solchen parallel beobachten zu lassen, von dem die Zeitwerte zu erwarten waren, die den nahen am nächsten kommen. Die Auswertung beider Meßreihen bot der Fachgruppe interessanten Diskussionsstoff.

Auf Grund der angestellten Farbschätzungen und dem Helligkeitsminimum der Lichtkurve kamen wir zu dem übereinstimmenden Schluß: die Mondfinsternis 1974 Juni 4/5 war eine „helle“; markante Mondformationen waren auch zur Finsternismitte im Fernrohr noch zu erkennen. Die gemessenen Kontaktzeiten wichen von den theoretischen nur geringfügig ab. Die erhaltenen Farbaufnahmen erfüllten die Hoffnung nicht, Vergleiche mit den visuellen Farbschätzungen anzustellen. Möglicherweise wird ein solcher Effekt erst bei Einsatz geeigneter Filter deutlich. Dies zu untersuchen, dürfte eine lohnende Aufgabe für kommende Finsternisse sein.

Die zur Photometrie angestellte Fehlerrechnung ergab, daß die Messungen mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,3$ behaftet sind. Unter Berücksichtigung, daß sich die Beobachter erstmalig in dieser Methode bewährten, darf dieses Ergebnis vollumfänglich befriedigen.

Das Programm — ausgenommen die photographischen Arbeiten — wurde von Jugendlichen absolviert. Dabei konnten zahlreiche Interessenten aus der Bevölkerung die Finsternis am Fernrohr verfolgen.

Beobachtung der Mondfinsternis am 4./5. Juni 1974

DIETMAR BÖHME

Die erste der 1974 in der DDR beobachtbaren Mondfinsternisse konnte bis zur Finsternismitte allgemein bei wolkenlosem Himmel verfolgt werden. Eine längere Beobachtung wurde in großen Teilen der DDR durch Aufzug einer Schichtbewölkung verhindert. Eine unruhige Atmosphäre und hohe Extinktion behinderten die Beobachtung stark; die Ergebnisse wurden dadurch teilweise verfälscht und ungenau. In diesem Bericht wurden Beobachtungsangaben von Amateuren der DDR und Ungarns verarbeitet.

1. Helligkeit und Farbe der Finsternis

Der verfinsterte Teil war während der gesamten Finsternis in den Instrumenten und während des größten Teiles der Erscheinung auch mit dem bloßen Auge sichtbar. Ohne Instrument konnte deutlich die rote Färbung gesehen werden. Die Umrisse der Mare und Gebirgsregionen waren gut sichtbar, die Krater „Kepler“, „Kopernikus“ und „Aristarch“ zeichneten sich — durch das Instrument beobachtet — deutlich ab. Zu Beginn erschien die verfinsterte Oberfläche in gelbem Licht, mit Fortschreiten der Verfinsterung wurde sie rötlich. Die Beobachtungen zur Färbung sind in Tabelle 1 und Abb. 1 zusammengefaßt.

Abb. 1:

Farbverteilung auf dem verfinsterten Teil des Mondes.

Instrument: Refraktor 50/184, Vergrößerung: 8fach, Zeit: 22^h 57^m MEZ.

Beobachter: Dietmar Böhme.

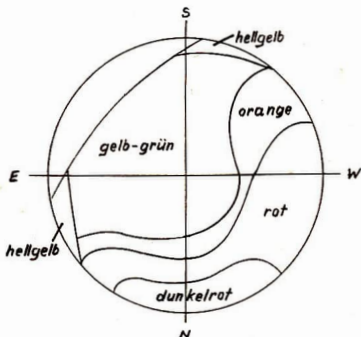


Tabelle 1

Kernschattenregion (Abstand vom Mittelpunkt in Kernschattenradien)	Farbe
bis 0,48	dunkelrot-bräunlich
0,48 – 0,67	rot
0,67 – 0,80	orange-gelb
0,80 – 1,00	gelb-grün-grau

2. Kontaktzeiten

Hinsichtlich der beobachteten Kontaktzeiten trafen zwischen den Beobachtern unerwartet große Streuungen auf, weshalb hier auf die Angabe von Mittelwerten verzichtet wird. Anstatt dieser ist eine Aufstellung der mittleren B-R Werte für die beteiligten Beobachter gegeben. Die theoretischen Zeiten wurden teilweise von mir berechnet bzw. der polnischen Zeitschrift „Urania“ entnommen. Die Genauigkeit dieser Werte liegt bei $\pm 1,5$ min.

Tabelle 2

Nr. Beobachter	Instrument	Vergrößerung	B-R min	$\pm$ min	n
1 Baracskaï	150/1480 Refl.	120; 60	+13,10 (?)	$\pm 0,10$	2
2 Böhme	50/184 Refr.	8	– 5,69	$\pm 0,80$	8
3 Greißner	50/540 Refr.	22	– 1,27	$\pm 0,48$	6
4 Kelemen	45/300 Refr.	27	– 3,13	$\pm 4,80$	3
5 Rümmler	65/100 Refr.	100	– 3,50	$\pm 6,81$	3
Mittel ohne Beobachter		1:	– 3,40		22

Der Beobachter 2 benutzte ein zu kleines Instrument, mit welchem es nicht sicher möglich war, die Kontakte zu erfassen. Wie Tabelle 2 zeigt, wurden die Bedeckungen weitaus zu früh beobachtet.

Die Ergebnisausbeute war relativ gering, was teilweise an den meteorologischen Bedingungen lag. Jeder Beobachter sollte kritischer an solche Beobachtungen herangehen. Zum Beispiel sind Vergrößerungen über 50fach ungeeignet. Die Durchführung der Kontaktzeitbestimmung hätte bei allen Beobachtern größerer Sorgfalt bedurft.

Für die Zusage ihrer Beobachtungsdaten danke ich L. Baracskaï und T. Kelemen aus Ungarn, sowie Hans D. Greißner aus Friedersdorf und Frank Rümmler aus Nessa.

Meteor gesichtet

Am 24. Dezember 1974, gegen 18 Uhr, war im Süden der DDR ein auffallend heller Meteor sichtbar. Beobachter, die diese Erscheinung sahen, werden um Mitteilung an die Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg (Erzgeb.) gebeten.

Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen I

HANS-H. LENZ

Die Bestimmung der Entfernung in einer Kreisbahn geht einfacher von statten, als die mathematische Beschreibung in einer elliptischen Bahn. Die Ursache liegt darin, daß der Kreis einfacher zu berechnen ist als die Ellipse.

Allerdings hat die Arbeit mit der Kreisbahn auch Nachteile, weil die Bewegung in ihr in der Natur nicht vorkommt. So sagt Kepler [1] aus, daß die Bewegung eines Körpers in einer geschlossenen Bahn immer auf einer elliptischen Kurve vor sich geht.

Somit können die Elemente einer Kreisbahn nur als erste Näherung anerkannt werden, deren Ergebnisse aber für die exakte Bahnbestimmung gute Ausgangsdaten liefern. Die Entfernung eines Körpers von der Sonne oder der Erde auf einer elliptischen Bahn kann nur durch Näherungsverfahren ermittelt werden, deren Bestimmungsgleichung 8. Grades ist und sich somit schwer bearbeiten läßt.

Zur Ermittlung der Entfernung eines Körpers, für den eine Kreisbahn angenommen wird

Zur Ermittlung der Entfernung in einer Kreisbahn sind zwei Beobachtungen nötig, die vollständig, das heißt mit der Beobachtungszeit versehen sein müssen. Diese Beobachtungen dürfen auch nicht zu weit von einander entfernt sein, da sonst die Berechnung unsicher wird. Beträgt die Längendifferenz der Beobachtungen 180° , so ist die Bahnbestimmung unmöglich.

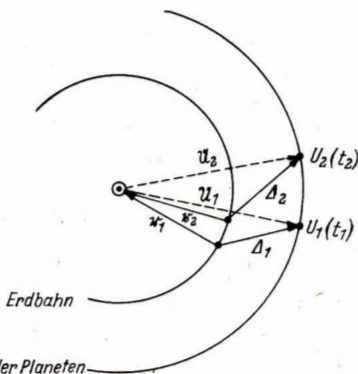
Mit Hilfe der beiden Orte des beobachteten Körpers, den Koordinaten der Sonne und der Erde erhalten wir zwei Dreiecke, woraus die geozentrischen Entfernungen des Körpers mit Hilfe der Entfernung Erde-Sonne bestimmbar werden. Außerdem sind Dreiecke, die von je zwei Orten des Körpers und der Sonne gebildet werden, mathematisch auswertbar.

Die bisher genannten Verhältnisse erhält man aus geometrischen Überlegungen. Eine dynamische Beziehung ergibt Kepler [2]. Mit diesen Gleichungen sind wir in der Lage, die Entfernung eines Körpers von der Erde und der Sonne zu berechnen.

Die geometrischen Beziehungen in einer Kreisbahn

Mit Hilfe der Vektorrechnung erhalten wir die folgende Beziehung (Abb. 1)

$$\mathcal{U}_i = \mathcal{A}_i - \mathcal{B}_i \quad (i = 1; 2) \quad (1)$$



In dieser Gleichung ist $\mathcal{A}_i$ der geozentrische Ortsvektor des beobachteten Körpers, $\mathcal{B}_i$ der ebenfalls geozentrische Vektor zur Sonne und $\mathcal{U}_i$ der Radius, der zu ermitteln ist. Der Winkel zwischen den Radien $\mathcal{U}_1$ und $\mathcal{U}_2$ sei gleich $(u_2 - u_1)$. Nach den Gesetzen der Vektorrechnung ist das Skalarprodukt dieser Vektoren durch folgende Gleichung bestimmt:

$$\begin{aligned} \mathcal{U}_1 \mathcal{U}_2 &= a^2 \cos(u_2 - u_1) \\ &= a^2 \left(1 - 2 \sin^2 \frac{u_2 - u_1}{2} \right) \quad (2) \end{aligned}$$

$$\mathcal{U}_1 = \mathcal{U}_2 \quad (\text{weil Kreisbahn})$$

Abb. 1

Wird jetzt für $\mathfrak{A}_1$ bzw. $\mathfrak{A}_2$ die Gleichung (1) eingesetzt, so ergibt sich

$$(\Delta_1 - \mathfrak{B}_1)(\Delta_2 - \mathfrak{B}_2) = \Delta_1 \Delta_2 - \Delta_1 \mathfrak{B}_2 - \mathfrak{B}_1 \Delta_2 + \mathfrak{B}_1 \mathfrak{B}_2 \quad (3)$$

Der Betrag des Vektors $\mathfrak{B}_i$ ist bekannt. Es gilt $|\mathfrak{B}_i| = R_i$, wobei R_i die Entfernung der Erde von der Sonne bedeutet. Außerdem kann der Vektor Δ_i folgendermaßen geschrieben werden, wenn ϱ_i der Betrag des Vektors Δ_i und Δ_{0i} seine Richtungsvektoren sind:

$$\Delta_i = \varrho_i \cdot \Delta_{0i} \quad (4)$$

Somit erhält die Gleichung (3) folgende Gestalt:

$$(\Delta_1 - \mathfrak{B}_1)(\Delta_2 - \mathfrak{B}_2) = \varrho_1 \Delta_{01} \varrho_2 \Delta_{02} - \varrho_1 \Delta_{01} \mathfrak{B}_2 - \mathfrak{B}_1 \varrho_2 \Delta_{02} + \mathfrak{B}_1 \cdot \mathfrak{B}_2 \quad (5)$$

Die Richtungsvektoren Δ_{0i} und $\mathfrak{B}_{0i}$ erhalten wir aus den Gleichungen

$$\begin{aligned} x_i &= \cos \delta_i \cos \alpha_i & X_i &= \cos \delta_i \cos \alpha_i \\ y_j &= \cos \delta_i \sin \alpha_j & Y_j &= \cos \delta_i \sin \alpha_j \\ z_k &= \sin \delta_i & Z_k &= \sin \delta_i \end{aligned} \quad (6)$$

Koordinaten des beobachteten Körpers **Koordinaten der Sonne**

Die Vektoren wollen wir dabei als Summe der Richtungsvektoren auffassen.

$$\Delta_{0i} = x_i + y_j + z_k \quad \mathfrak{B}_{0i} = X_i + Y_j + Z_k \quad (6a)$$

In der Gleichung (5) sind die ϱ_i unbekannt, für die wir nun eine Lösungsmöglichkeit geben wollen. Berücksichtigen wir nur die Beträge der Vektoren $\mathfrak{A}_i$, $\mathfrak{B}_i$ und Δ_i , so ergibt sich

$$a^2 = R_i^2 + \varrho_i^2 - 2R_i \varrho_i \cos \vartheta_i \quad (\text{Kosinussatz}) \quad (7)$$

ϑ_i ist hier der Winkel, der von den Vektoren $\mathfrak{B}_i$ und Δ_i gebildet wird. Er ist mit Hilfe der Gleichung

$$\cos \vartheta_i = \frac{\Delta_{0i} \mathfrak{B}_{0i}}{|\Delta_{0i}| |\mathfrak{B}_{0i}|} \quad (8)$$

zu bestimmen.

Wird (7) mit Hilfe der Lösungsgleichung für quadratische Funktionen nach ϱ_i aufgelöst, so erhalten wir die Beziehung

$$\varrho_i = R_i \cos \vartheta_i \pm \sqrt{R_i^2 \cos^2 \vartheta_i + a^2 - R_i^2}$$

Mit dieser Gleichung wird nun eine Hypothesenrechnung für a durchgeführt, die mit $a = 2,5$ AE (bei Planetoiden) beginnen sollte. Die so erhaltenen ϱ_i werden in die Gleichung (5) eingesetzt und mit ihrer Hilfe die Differenz ($u_2 - u_1$) aus Gleichung (2) bestimmt.

Die dynamische Beziehung

Das gewählte a wird außerdem in die Gleichung

$$u_2 - u_1 = \frac{\tau}{\sqrt{a^3}}$$

eingesetzt. Man erhält sie aus Kepler [2], wenn $e = 0$ gesetzt wird, was der Kreisbahn entspricht. In dieser Beziehung tritt die Größe τ auf, die die Gestalt $\tau = k(t_2 - t_1)$ hat. Hierin bedeutet k die Gravitationskonstante und t_2 bzw. t_1 die Beobachtungszeiten. k erhält hier die Größe $k = 3548,19$. Auf eine Erklärung, wie dieser Zahlenwert zustande kommt, sei an dieser Stelle verzichtet und auf [1] Seite 84 ff. verwiesen.

Durch Vergleich der Differenzen ($u_2 - u_1$) aus Gleichung (2) und (10) wird a weiter angenähert. Wenn ($u_2 - u_1$) aus Gleichung (2) gleich der Differenz ($u_2 - u_1$) aus (10) ist, also

$$(u_2 - u_1)_{(2)} = (u_2 - u_1)_{(10)}$$

gilt, dann ist die Näherung für a abgeschlossen.

Beispiel:

Zur Berechnung der Entfernung verwendet man zweckmäßigerweise vierstellige Logarithmen- und trigonometrische Tafeln. Durch die Anwendung dieser Hilfsmittel kann bis auf drei Stellen ohne Interpolation abgelesen werden. Weiterhin leistet der Rechenstab bei der Berechnung der auftretenden Quotienten und Potenzen gute Dienste.

Zusammenstellung der Ausgangsdaten

Gegeben seien die Beobachtungsdaten des Planetoiden Pallas mit

$\alpha_1 = 15^h 13^m$	$\alpha_2 = 15^h 20,5^m$
$\delta_1 = 4^\circ 42'$	$\delta_2 = 18^\circ 47'$
$t_1 = 1973 \text{ Febr. } 17; 0^h \text{WZ}$	$t_2 = 1973 \text{ Apr. } 8; 0^h \text{WZ}$
$J.D. = 2\,441\,731,5$	$J.D. = 2\,441\,781,5$

Nach Umrechnung der Rektaszension in Grad erhalten wir für α die Werte

$$\alpha_1 = 228,25^\circ \quad \alpha_2 = 230,0^\circ$$

Rektaszension und Deklination sind Elemente eines Polarkoordinatensystems. Mit Hilfe der Gleichungen (6) wird es in das rechtwinklige (kartesische) Koordinatensystem umgerechnet. Hierbei ist zu beachten, daß Winkel, die größer als 90° sind, auf den ersten Quadranten reduziert werden müssen. Somit erhält das Gleichungssystem (6) die Gestalt

$$x_{1i} = \cos 4,7^\circ (-\cos 48,25^\circ) \quad y_{1i} = \cos 4,7^\circ (-\sin 48,25^\circ) \quad z_{1i} = \sin 4,7^\circ$$

Der Richtungsvektor zum Planetoiden im Ort 1

Die Berechnung der Komponenten erfolgt logarithmisch. Die Summe der Komponenten ergibt den Richtungsvektor zum Planetoiden. Er lautet $A_{01} = -0,663i - 0,743j + 0,082k$

Der Richtungsvektor zur Sonne im Ort 1

Die Koordinaten der Sonne und die Entfernung Erde-Sonne können aus dem Kalender für Sternfreunde entnommen werden. Sie lauten für den Ort 1 $\alpha_1 = 22^h 1^m = 330,0^\circ$ $\delta_1 = -12^\circ 6'$. Mit Hilfe des Gleichungssystems (6) sind wieder die Komponenten zu bestimmen. Nach Ausführung der Rechnung lautet der Vektor $R_{01} = 0,849i - 0,485j - 0,208k$

Bestimmung von $\cos \theta_1$

$\cos \theta_1$ muß bestimmt werden. θ ist der Winkel, der von den Richtungsvektoren zur Sonne und zum Planetoiden aufgespannt wird. Mit Hilfe der Gleichung (8) errechnet man $\cos \theta_1$ zu $\cos \theta_1 = -0,2180$. Die Größe des Winkels ist uninteressant, da im folgenden nur die Kosinusfunktion des Winkels Bedeutung hat.

Die Berechnung der Vektoren und des Winkels θ_2 im Ort 2

Die Berechnung der Größen geschieht wie die der Vektoren und des Winkels im Ort 1. Darum seien nur noch die Ergebnisse mitgeteilt:

Richtungsvektor zum Planetoiden im Ort 2

$$A_{02} = -0,608i - 0,725j + 0,322k$$

Richtungsvektor zur Sonne im Ort 2

$$R_{02} = 0,952i + 0,282j + 0,123k$$

und

$$\cos \theta_2 = -0,7439$$

Die Bestimmung der Entfernung des Planetoiden

Mit Hilfe der Gleichung (9) und eines hypothetischen a sind die ϱ_i zu bestimmen, die wiederum zur Ermittlung der Vektoren $A_{11}A_{12}$ benötigt werden. Die R_i sind die Entfernungen Erde-Sonne. Sie sind im Sternkalender enthalten und werden für die Berechnung der ϱ_i und des Vektors R_i benötigt. Das Skalarprodukt der Vektoren A_{11}, A_{12} ist mit Hilfe der Gleichungen (3) und (1) zu bestimmen.

Vergleichen wir die Differenzen aus (2) und (10), so ergibt sich in der Regel ein unterschiedlicher Betrag der Winkel, der durch eine bessere Wahl von a vermindert werden kann. Für das neue a sind wiederum die ϱ_i mit Hilfe der Gleichung (9) zu bestimmen. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis die angestrebte Genauigkeit für die $(u_2 - u_1)$ erreicht ist.

Wählt man für den beschriebenen Fall $a = 2,1 \text{ AE}$, so weichen die genannten Differenzen nur noch um $0,2^\circ$ voneinander ab. Ein Vergleich der berechneten Entfernung des Planetoiden mit der im „Kalender für Sternfreunde“ angegebenen ergibt eine gute Übereinstimmung. Der Mittelwert der Entfernungen des Objekts, den es zu den Beobachtungszeiten hatte, beträgt $2,11 \text{ AE}$.

Literatur:

- [1] K. Stumpff, Himmelsmechanik Bd. 1. VdW. — [2] G. Stracke, Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, Berlin 1929. — [3] Autorenkollektiv, Lehr- und Übungsbuch der Mathematik für Ingenieur- und Fachschulen, Leipzig 1962. — [4] Kleine Enzyklopädie Mathematik, Leipzig 1967.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

VII. Zentrale Tagung für Astronomie in Magdeburg

Die Tagung fand unter der Thematik „Schulastronomie und Beobachtertätigkeit“ am 26. und 27. Oktober 1974 in Magdeburg statt. Sie begann mit einer Würdigung der Amateurastronomie im 25. Jahr der DDR durch den Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses, Dr. Klaus Lindner, und der Auszeichnung verdienter Sternfreunde.

Grundanliegen einer zentralen Tagung ist sowohl die Weiterbildung als auch der Erfahrungsaustausch. Der erste Vortrag „Radiogalaxien und Quasare“ wurde von Dr. G. M. Richter (Potsdam-Babelsberg) gehalten. Aus der Vielzahl von Problemen, die dieses Thema enthält, wählte Dr. Richter vor allem die Interpretation der Rotverschiebung für seine Darlegungen aus. Er betonte, daß in seinem Vortrag kein Gesamtüberblick möglich sei, doch immer mehr Amateurastronomen beschäftigen sich mit Problemen der Astrophysik und erzielen Erfolge dabei. (Das bewiesen im weiteren Verlauf der Tagung vor allem die Erfahrungsberichte von H. Busch und E. Bartl). Der Referent stellte die möglichen Interpretationen der Rotverschiebung bei Radiogalaxien und Quasaren dar, wobei es interessant war zu hören, daß alle Argumente (auch jene, die ursprünglich als Gegenargumente gebraucht wurden) für die kosmologische Deutung der Rotverschiebung sprechen.

Diesem Referat schlossen sich drei Erfahrungsberichte von Amateurastronomen an. Im ersten Bericht sprach H.-J. Blasberg (Dresden) über das „Ausschöpfen des Informationsinhaltes von Himmelsaufnahmen durch Kontrastverstärkung“. Welche Möglichkeiten dieses – ursprünglich von Höger in Tautenburg angewandte – Verfahren für die Verbesserung photographischer Aufnahmen bringt, zeigten Blasbergs Dias. Die Bilder beeindruckten so stark, daß sicher eine ganze Reihe der anwesenden Amateure ihre Aufnahmen noch einmal sichten werden, um mit dem Verfahren des Umkopierens manche davon noch zu verbessern. Es ist dem Referenten zu danken, daß er auch die Grenzen des Verfahrens so anschaulich darstellte.

Der zweite Erfahrungsbericht wurde von H. Busch (Hartha) gegeben und befaßte sich mit „Einigen Möglichkeiten der photographischen Beobachtung veränderlicher Sterne und ihrer Auswertung“. Immer mehr Amateure in der DDR wenden sich der Veränderlichenbeobachtung zu. Das ist eines der Gebiete, wo auch heute noch die Amateurastronomie der Fachwissenschaft direkte Unterstützung geben kann. Der Arbeitskreis „Veränderlichenbeobachter“, der vor drei Jahren gegründet wurde und inzwischen 60 Mitglieder zählt, kann auf gute Ergebnisse zurückblicken. Die Ausführungen seines Leiters dürften sicher neue Interessenten für den Kreis gewonnen haben.

Im dritten Erfahrungsbericht sprach E. Bartl (Apolda) über „Amateurarbeiten zur Spektroskopie astronomischer Objekte“. Hier wurde besonders deutlich, daß die Astrophysik immer mehr bei Amateurarbeiten eine Rolle spielt. Aussagen über die Physik eines Sternes werden aus den Strahlungskurven und besonders aus den Spektrallinien gewonnen. Die Amateure bestaunen längst nicht mehr die Tatsache, daß man aus dem Licht eines Sternes Aussagen zu seiner Physik machen kann, sondern sie gehen selbst dazu über, solche physikalischen Aussagen zu gewinnen. Möglichkeiten dazu nannte E. Bartl und es beeindruckte, daß die vorgestellten ausgezeichneten Arbeiten vor allem aus der Tätigkeit einer jungen Amateurin hervorgingen.

Am Abend des 26. 10. 1974 fand der öffentliche Vortrag von Dr. Chr. Friedemann (Jena) zum Thema „Neue Ergebnisse bei der Erforschung des Mars“ statt. Der gut gegliederte und mit vielen Marsaufnahmen anschaulich gestaltete Vortrag fand sehr interessierte Zuhörer.

Den zweiten Tag leitete der Vortrag „Ergebnisse der extraterrestrischen Astrophysik“ von Dr. habil. K.-H. Schmidt (Potsdam-Babelsberg) ein. Dr. Schmidt konzentrierte seine Ausführungen auf die UV- und Röntgenastronomie. Jeder Amateure wird dabei interessante Fakten erfahren haben. Ist es doch erstaunlich, welche Aussagen die UV- und Röntgenastronomie zur Zusammensetzung und zu den Eigenschaften des interstellaren Gases und Staubes, Materials also mit einer für irdische Begriffe fast unvorstellbar geringen mittleren Dichte, liefern kann. Gegenwärtig sind 161 Röntgenquellen katalogisiert, wobei ein Großteil dieser Quellen auch optischen Objekten zugeordnet werden kann.

Der zweite Vortrag des 27. 10. behandelte „Stand und Perspektiven der Zusammenarbeit zwischen Schulastronomie und Amateurastronomie in der DDR“. Der Referent, Dr. Lindner, legte mit seinen Ausführungen Rechenschaft über die bei den Amateuren seit der sogenannten „Schultagung“ im Jahre 1970 geleistete Arbeit ab und würdigte die erfolgreiche Tätigkeit vieler Fachgruppen und Sternfreunde bei der Entwicklung und Verbesserung der Schulastronomie. Unterstützung brauchen die Schulen weiterhin bei der Arbeit am Gerät und bei der Orientierung am Sternhimmel. Die Fachgruppen können auch bei der Weiterbildung der Lehrer und AG-Leiter wirksam werden und selbst die Leitung von Arbeitsgemeinschaften übernehmen.

Im Mittelpunkt der anschließenden kurzen Diskussion stand die Vorstellung der Uhrwerk-Nachführung für Kleinfernrohre, die in Ruhla entwickelt und nunmehr auch für das Schulfernrohr „Telemontor“ anwendbar gemacht wurde. Edgar Otto jun. (Ellenburg) berichtete u. a. von den guten Erfahrungen, die die Ellenburger Fachgruppe durch vertragliche Vereinbarungen mit dem zuständigen Kreisschulrat gemacht hat.

Die geringe Breite der in der Diskussion aufgeworfenen Fragen (unter Amateurastronomen völlig neu) wies darauf hin, daß das Programm der Tagung doch zu umfangreich war und von den Teilnehmern hohe Anstrengungen forderte. Man sollte im ZFA überlegen, wie dem bei künftigen Veranstaltungen zu begegnen sei.

Der Dank der Teilnehmer galt dem ZFA Astronomie, den Mitarbeitern der Abteilung „Natur und Heimat“ des Bundessekretariats des Kulturbundes der DDR, den beiden Tagungsleitern Edgar Otto jun. und Heinz Albert sowie den Magdeburger Anschriftlern der Tagung mit ihrem Leiter Gerhard Eschenhagen.

KARL RADLER

Seminar über die instrumentelle Ausrüstung des Amateurastronomen

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie beabsichtigt, im Herbst 1975 ein Seminar zur Thematik „Die instrumentelle Ausrüstung des Amateurastronomen“ durchzuführen. Für dieses Seminar ist ein erweiterter Teilnehmerkreis von etwa 70 Interessenten vorgesehen, denen die Einrichtungen von Volkssternwarten bzw. eigene Beobachtungsinstrumente und -Einrichtungen zur Verfügung stehen; es ist jedoch auch gedacht für jene Amateurastronomen, die auf ihren „Balkon- oder Terrassensternwarten“ Himmelsbeobachtungen durchführen.

Die in der letzten Zeit erfolgte beachtliche Zunahme von Amateurastronomen – besonders von Jugendlichen – zeigt, daß sich diese nicht mehr so stark auf die Orte mit bereits gut ausgestatteten Volkssternwarten konzentrieren, sondern daß es zahlreiche Sternfreunde gibt, die in kleineren Orten, oft nur zu zweit oder mitunter auf sich allein gestellt, ernsthaft bestrebt sind, sich auf amateurastronomischem Gebiet praktisch zu betätigen und weiterzubilden.

Der Wunsch, selbst Himmelsbeobachtungen vorzunehmen, drängt meist rasch nach einem eigenen Instrument. Die Erfahrung zeigt, daß dabei oft der Feldstecher eine kurzzeitige Zwischenstufe bildet. Dann ergibt sich bald die Frage nach einem wirklichen Instrument und – was nicht immer genügend beachtet wird – nach einer stabilen Montierung für das Fernrohr.

Damit hat ein wichtiger Abschnitt im Tätigkeitsbereich eines Sternfreundes begonnen – er ist zum Amateur geworden. Zwar ist der Wunsch nach einem möglichst großen Instrument verständlich, doch ist es ein Irrtum zu glauben, daß nur Fernrohre mit einer starken Vergrößerung die Wünsche des Amateurs befriedigen können.

Als Beispiel sei der Refraktor 63/840, von dem bekanntlich 5000 Stück in den Schulen der DDR zur Verfügung stehen, genannt: Die Öffnung dieses Refraktors ist 10mal größer als unsere Augenpupille und sammelt daher die 100fache Lichtmenge. Objekte, die 100mal lichtschwächer sind als jene, die wir mit bloßem Auge sehen können, sind mit diesem „kleinen“ Fernrohr noch wahrnehmbar; der überschaubare Raum wird auf das 1000fache erweitert. Absolut helle Objekte, die für das bloße Auge völlig unsichtbar sind (z. B. extragalaktische Nebel in etwa 30 Mill. Lichtjahren Entfernung in den Sternbildern Coma und Virgo) können damit noch deutlich wahrgenommen werden.

Andererseits müssen aber auch die Grenzen der instrumentellen Leistungsfähigkeit gesehen und berücksichtigt werden. Nicht selten werden von Beschreibungen und Bildern bekannte Merkmale in das kleine teleskopische Bild „hineingesehen“ und „Entdeckungen“ gemacht, die mit einem solchen Instrument einfach nicht möglich sind.

Ein verhältnismäßig geringer Teil der Amateurastronomen verfügt über die Mittel und das Geschick, sich ein größeres Instrument mit Zubehör käuflich zu erwerben bzw. zu bauen. Der Idealfall einer Sternwarte mit einem abschließbaren Dach oder gar mit einer Kuppel berechtigt ohne weiteres zur Bezeichnung „Amateur-Sternwarte“, in der durchaus wissenschaftliche Arbeiten möglich sind. Diese günstigen Voraussetzungen gestatten eine gründliche Beschäftigung mit der Astronomie sowie eine Spezialisierung (z. B. Planetenbeobachtung bzw. -fotografie).

Manch einer steht vor der Frage: Gibt es Möglichkeiten, mein bescheidenes Instrumentarium zu komplettieren und was kann ich dann damit erreichen? Welche Möglichkeiten gibt es auf dem Gebiet des Selbstbaues oder der industriellen Fertigung für einen Amateur? Oft ist es nur eine Kleinigkeit, ein Kniff, wodurch eine größere Effektivität in der Weiterentwicklung der praktischen Arbeit erzielt werden kann.

Auf diese Fragen zufriedenstellende Antworten zu geben, ist eine der Aufgaben des geplanten Seminars. Erfahrene Praktiker werden sich mit der instrumentellen Ausrüstung eines Amateurastronomen und der Komplettierung einer solchen Ausrüstung eingehend beschäftigen. Darüber hinaus sollen auch die realen Möglichkeiten eines Amateurs bzw. einer gut ausgestatteten Volkssternwarte zur Mitarbeit in der astronomischen Forschung behandelt werden.

Die Mitglieder des ZFA hoffen, daß dieses Seminar eine Hilfe für jene Amateure werden möge, die bestrebt sind, Wissen und Praxis miteinander zu verbinden, um mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln auf kulturpolitischem Gebiet zu wirken; sei es als sinn- und niveauvolle Freizeitbeschäftigung, in der popularisierenden Bildungsarbeit oder auch als Hilfskraft für die Beobachtungen im Astronomieunterricht bzw. der außerunterrichtlichen Arbeit.

Interessenten für dieses Seminar wenden sich an ihre Fachgruppen bzw. direkt an den Kulturbund der DDR, Abt. Natur und Heimat (Astronomie), 104 Berlin, Hessische Str. 11 – 12.

A. ZENKERT

Tonbandarchiv des ZFA

Um die auf den Seminaren und Zentralen Tagungen gehaltenen Vorträge einem größeren Kreis zugänglich zu machen, werden seit 1972 Tonbandaufzeichnungen vorgenommen. Bisher liegen die Vorträge von folgenden Veranstaltungen vor:

Seminar zur Spektroskopie im April 1972 in Apolda

Seminar zur Photometrie im Oktober 1973 in Apolda

Tagung zu Problemen der amateurastronomischen Beobachtungstätigkeit im Februar 1973 in Crimmitschau

Zentrale Tagung des ZFA im Oktober 1974 in Magdeburg

Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß diese Tonbandaufzeichnungen nur für die Arbeit in den Fachgruppen

des Kulturbundes der DDR bzw. zur eigenen Weiterbildung verwendet werden dürfen. Für das Abhören ist ein Tonbandgerät mit Vierspurtechnik erforderlich. Die Leihfrist beträgt 4 Wochen; es wird gebeten, den Abgabetermin unbedingt einzuhalten.

Die Tonbänder können vom Astronomischen Zentrum „B. H. Bügel“, 15 Potsdam, Neuer Garten, angefordert werden.

Kurzberichte

Noch immer rege Sonnenfleckentätigkeit

Während 1974 bereits zu Jahresbeginn auf der Sonne fleckenfreie Tage registriert werden konnten, stiegen die Relativzahlen im Mai zu unerwartet hohen Werten wieder an und traten bis September wiederholt auf. So konnten allein in der ersten Maiwoche fünf aufeinanderfolgende Tage mit Relativzahlen >100 beobachtet werden. Ab 18. Mai bis Monatsende lagen die täglichen Relativzahlen dagegen an zehn Tagen unter 11. Im Juli stiegen die Werte an zwei Tagen erneut auf über 100 an, um auch im August und September noch überdurchschnittlich hoch zu bleiben.

Eine interessante Gruppe tauchte am 9. September am Ost- rand der Sonne auf und konnte bis zu ihrem Verschwinden am Westrand (20. September) verfolgt werden. Ihre höchste Entwicklungsphase erreichte die Fleckengruppe zwischen dem 13. und 16. September (vgl. Abb. 1, Seite IV).

Die Vermessung der Fleckengruppe am 15.9. um 10.46 WZ ergab als größte Ausdehnung rund 7,8 Erddurchmesser. Ihr Hauptfleck maß mit Penumbra rund 3 Erddurchmesser und befand sich in einer heliozentrischen Breite von etwa $8^\circ \pm 2^\circ$. Diese Gruppe existierte auch nach einer Sonnenrotation noch. Infolge ungünstiger Witterung konnte sie erst vom 10. bis 15. Oktober 74 wieder beobachtet werden. Der inzwischen eingetretene Zirkulärvorgang dieses Aktivitätszentrums war offensichtlich. Die zur Gruppe zählenden Einzelflecke hatten sich auf eine Gesamtausdehnung von mehr als 10 Erddurchmesser verteilt.

HEINZ ALBERT

II. Kolloquium zur Methodik des Astronomieunterrichts

Wie bereits berichtet, berieten die im Kulturbund der DDR organisierten Amateurastronomen auf ihrer VII. Zentralen Tagung auch über die Unterstützung der Schulastronomie. Ergebnis dieser Diskussion waren drei Aufgabenkomplexe: Unterstützung der Astronomielehrer bei ihrer eigenen Weiterbildung, besonders der Beobachtungspraxis; – bei der Durchführung der obligatorischen Schülerbeobachtungen; – bei Betreuung und Leitung astronomischer Schülerarbeitsgemeinschaften.

Diese Zielstellungen veranlassen den Amateurastronomen zu erfahren, an welchen Problemen der Methodik die Schulastronomen z. Z. arbeiten bzw. welcher Stand erreicht ist. Deshalb informieren wir nachfolgend, mit welchen Themen sich das „II. Kolloquium über Ergebnisse, Stand und Probleme der Forschungen zur Methodik des Astronomieunterrichts“ vom 22. bis 23. Oktober 1974 in Bautzen beschäftigte, das von der Forschungsgruppe Astronomie der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR und der Redaktion der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ einberufen worden war. Es vereinigte 27 Astronomielehrer und Schulfunktionäre, die entweder neue Ergebnisse ihrer theoretischen bzw. praktischen Arbeiten vortrugen oder diese in den Diskussionen kritisch werteten.

Der Themenplan umfaßte 11 Kurzreferate, von denen zehn vorgetragen wurden; der Beitrag von E. P. Levitan, Moskau, lag schriftlich vor.

Dr. W. Gebhardt, Berlin, stellte die wesentlichsten Schlußfolgerungen aus seiner Untersuchung „Zur Funktion der astronomischen Bildung im System der sozialistischen Allgemeinbildung in der zehnklassigen polytechnischen Oberschule“ zur Diskussion, die künftig bei der Bestimmung des Bildungs- und Erziehungsinhaltes für die einzelnen Klassenstufen zu beachten wären. In diesem Zusammenhang war es interessant von einem Versuch mit Schülern der Klassen 3 und 4 zu hören, in dessen Verlauf die Kinder mit einfachen astronomischen und astronautischen Fragen konfrontiert wurden und für die eine außerordentliche Aufgeschlossenheit festgestellt werden konnte. Allerdings verlangt die Arbeit mit Schülern dieses Alters ein hohes Maß an Einfühlungsvermögen und eine gründliche Kenntnis der durch die Schule bereits vermittelten Wissens-elemente.

Zwei Referenten setzten sich in ihren Beiträgen mit den im Astronomieunterricht zu verwendenden Begriffen auseinander. Dr. M. Schukowski, Rostock, informierte über den gegenwärtigen Stand seiner Arbeiten beim „Versuch eines Begriffssystems für den Astronomieunterricht“.

W. Deutschmann, Wernigerode, trug seine „kritischen Gedanken zur Verwendung von Begriffen im Astronomieunterricht“ vor, die allgemeine Zustimmung fanden. Einige Beispiele haben auch Bedeutung für den Amateurastronomen, der eine AG Astronomie leitet. Bei den Bewegungen der Körper des Planetensystems sollten grundsätzlich nur die Begriffe Rotation und Umlauf benutzt werden, während Zentrifugalkraft stets gesondert zu erläutern ist, da diese im Physikunterricht nicht behandelt wird. An Stelle von Winkelgeschwindigkeit sollte bei den Schülern der Klasse 10 die Bahngeschwindigkeit als Begriff benutzt werden. Auch das Eigenleuchten (bei Kometenschweif und Polarlicht) ist dem Jugendlichen bis zum ersten Auftreten im Astronomieunterricht bzw. in der Arbeitsgemeinschaft physikalisch noch nicht erklärt. Deutschmann schlug ferner vor, für Unterrichtszwecke die astronomischen Fachtermini „Größenklasse“, „Leuchtkraft“ und „Leuchtkraftklasse“ zu ersetzen durch Helligkeitsklasse, Strahlungsleistung und Sternklasse oder Sterntyp, damit sich nicht von Anfang an falsche Vorstellungen bilden könnten.

A. Zenkert, Potsdam, erläuterte die „Einsatzmöglichkeiten des Planetariums bei der effektiven und rationalen Erfüllung des Lehrplanes der Unterstufe, Klassen 2 und 3 (Heimatkunde).“

Selbstgefertigte Unterrichtsmittel – eine lohnende Aufgabe auch für Arbeitsgemeinschaften und Jugendgruppen Astronomie des Kulturbundes – stellte G. Ihlow aus Pirna vor. Mit einigen davon werden wir unsere Leser in diesem Jahrgang bekanntmachen.

Schließlich seien noch zwei Beiträge erwähnt, die sowohl für den Unterricht als auch für die Arbeit mit Jugendlichen in außerunterrichtlichen AG bzw. in Jugendgruppen des KB relevant sind. Dr. K.-G. Steinert, Dresden, der Leiter der Forschungsgruppe, wies auf jene Stellen im Lehr-

plan Astronomie hin, die aufs engste mit astronomischen Forschungsergebnissen zusammenhängen. Die „Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte und ihre Rolle im Astronomieunterricht“ legte Dr. D. B. Herrmann, Berlin, dar. Dem Vortrag schloß sich eine rege Diskussion an, in der die Meinung vertreten wurde, daß es auf diesem Gebiet noch zu wenig Publikationen gibt und daß gerade die Wissenschaftsgeschichte auch für die außerunterrichtliche Bildung und Erziehung der Jugend bedeutsam ist.

Drei weitere Vorträge von W. Zacek (Pirna), H. P. Eckert (Berlin) und H. Hilbert (Rudolstadt) beschäftigten sich mit unterrichtsinternen Problemen und Methoden.

HEINZ ALBERT

8. Landestreffen der ungarischen Amateurastronomen

Vom 18. bis 20. Juli 1974 fand in der Industriestadt Ozd, 50 km nordwestlich von Miskolc, das 8. Landestreffen der ungarischen Amateurastronomen statt. In der Volksrepublik Ungarn ist es zur Tradition geworden, daß sich die Amateurastronomen in jedem zweiten Jahre zusammenfinden, um Vorträge zu hören, Erfahrungen auszutauschen und ihre Arbeitsergebnisse auszustellen.

An dem Treffen beteiligten sich etwa 400 Freunde der Astronomie, darunter zwei Drittel Jugendliche. Dr. G. Kulín, der Nestor und Leiter der ungarischen Amateurastronomie, gab bei der Eröffnung einen Überblick über die Organisation der in der URANIA zusammengefaßten Amateurastronomen. Das Interesse an Astronomie und Raumfahrt wächst ständig, das beweist der starke Anstieg der Mitgliederzahl, besonders in den letzten Jahren. So waren es beim 7. Landestreffen 1972 in Székesfehérvár 5700, 1974 sind es bereits 9500.

Große Aktivität wird auf dem Gebiet des Fernrohrbaues entwickelt: Etwa 2000 Spiegelteleskope mit Öffnungen über 100 mm und nahezu 20 000 Refraktoren über 40 mm Objektivöffnung stehen den ungarischen Sternfreunden für die Beobachtungspraxis zur Verfügung.

An der Tagung in Ozd nahmen auch Gäste aus der ČSSR, der FSR Jugoslawien, der SR Rumänien, der DDR und der BRD teil, die über ihre Arbeiten in Kurzvorträgen berichteten.

Ozd besitzt eine aktive Gruppe von Amateurastronomen mit einer gut eingerichteten Sternwarte, mit einem 40 cm-Newton-Reflektor als Hauptinstrument. Eine Ausstellung aus allen Gebieten Ungarns, Filmveranstaltungen, Kulturprogramme und Exkursionen ergänzten und bereicherten die dem Inhalt und der Organisation nach gut gelungene Tagung.

A. ZENKERT

Wie der Club Junger Kosmonauten in Leipzig-Südost arbeitet

Seit nunmehr 15 Jahren beschäftigen wir uns mit den interessantesten Problemen der Raumfahrtforschung und seit vielen Jahren lesen wir die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“. Natürlich sind die ersten Mitglieder des Clubs längst nicht mehr unter uns. Erwachsene, im Berufsleben stehend, haben uns aber einige von ihnen nicht vergessen und besuchen uns noch heute in unseren Arbeitsräumen.

Einer von ihnen, Herr Lutz Bauriegel, heute Mitglied der Leitung der Jugendarbeitsgruppe Kosmos der Astronautischen Gesellschaft der DDR, hat schon als Pionier unter der Leitung unseres Clubleiters Hüttinger ebenfalls Mitglied der AG der DDR, Modellraketen und utopische Fahrzeuge entwickelt und gebaut. Die Entwicklungsgeschichte der Raketentechnik vom Feuerpfeil bis zur interkontinentalballistischen Rakete, sowie etwa 60 Modelle einer utopischen Raumstation auf dem Mars, wurden von den 18 Mitgliedern damals entwickelt, gebaut und auf vielen Ausstellungen gezeigt. Heute bewegen die 80 Mitglieder des Clubs ganz andere Probleme. So haben wir z. B. in jahrelanger Kleinarbeit Dokumentationen zusammengetragen, welche die gesamte Entwicklung der Erforschung des Kosmos, von Sputnik 1 bis zur Gegenwart, in interessanter Weise veranschaulichen. Über 100 Bücher zu Problemen der Raumfahrtforschung stehen unseren Clubmitgliedern zur Verfügung. Damit aber nicht nur wir, sondern alle interessierten Bürger zu diesem wertvollen Material Zugang haben, richteten wir in vielen freiwilligen Arbeitsstunden in einem unserer Clubräume ein „Kosmisches Kabinett“ ein. Bücherschränke und anderes Mobiliar bauten wir selbst. Am 10. Okt. 74, anläßlich des 25. Jahrestages der Gründung der DDR und des 15. Jahrestages der Gründung unseres Clubs, übergaben wir dieses Kabinett der Öffentlichkeit. Ein Katalog für die Schulen und andere interessierte Leser ist z. Z. in Vorbereitung und wird Anfang 1975 ausgegeben.

In den anderen fünf Arbeitsgemeinschaften des Clubs wird auch nicht geschlafen: so bauen wir z. B. unser zweites transportables Pionier-Raumerschiff im Baukastensystem. Die AG Elektrotechnik I und II haben damit alle Hände voll zu tun. Unser erstes transportables Raumschiff hatte in den zwei Jahren seines Bestehens etwa 2500 begeisterte Fluggäste. Immer neue Geräte für die Teststrecke für Pionierkosmonauten entwickeln und bauen die Mitglieder der AG Astronautik I und II neben den theoretischen Nachmittagen zu Problemen der Astronomie und Astronautik. Die AG Modellbau-Filmtechnik ist z. Z. damit beschäftigt, einen Trickfilm zu drehen; die dazu notwendigen Modelle wie Mondlandschaft, Fahrzeuge u. a. haben sie selbst gebaut. Dieser Film soll nach Fertigstellung des Raumschiffes auf dem Bildschirm während des Fluges gezeigt werden. Gleichzeitig arbeitet die AG an einem Film, welcher über die Tätigkeit des gesamten Clubs berichtet.

Selbstverständlich beteiligt sich der Club auch an der zentralen Feriengestaltung im Stadtbezirk. Mit Teststrecke und Lichtbildervortrag zum Thema: „Roter Stern im All“ machen wir viele Pioniere mit Problemen der Raumfahrtforschung bekannt. So konnten wir z. B. seit 1971 zu zentralen Veranstaltungen mit Teststrecke, Wissensstraße, Raumschiff und Dia-Vortrag etwa 5400 Pioniere und Erwachsene an das Thema Raumfahrt heranzuführen und einige davon sind heute Mitglieder einer unserer Arbeitsgemeinschaften im Club.

FRANK WEIDHASE

Clubratsvorsitzender

Bürger-Ehrungen 1975

Am 14. November 1975 zählt sich zum 100. Male die Wiederkehr des Geburtstages von Bruno Hans Bürgel, dem bekannten Arbeiterastronomen und Popularisator der Astronomie.

Die Bürgel-Gedenkstätte im Astronomischen Zentrum Potsdam verfügt über umfangreiches Material, das für Feiern, Ehrungen und Lesungen bereitwillig zur Verfügung gestellt werden kann.

Interessenten wollen sich bitte rechtzeitig an folgende Anschrift wenden: Astronomisches Zentrum „B. H. Bürgel“, 15 Potsdam, Neuer Garten.

Aus der Literatur

Eigenbewegung von Pulsaren entdeckt

Für den Pulsar PKS 1133 + 16 leiteten amerikanische Astronomen eine Eigenbewegung von 0,00 arc sec/Jahr in Rektaszension und 0,58 arc sec/Jahr in Deklination ab. Das entspricht bei einer Entfernung des Pulsars von 130 pc der hohen Transversalgeschwindigkeit von 380 km/s.

Nach: Astrophys. J. Letters 189, L 119 1974; S u W 1974/11

Bz

Stahlbaupreis für Radioteleskop

Von der Europäischen Konvention für Stahlbau wurde am 16. 10. 74 in Den Haag das 100 m Radioteleskop in Effelsberg mit dem Stahlbaupreis 74 ausgezeichnet. Dieses größte vollsteuerbare Teleskop zeichnet sich durch eine hohe Präzision aus, mit der es auf jeden beliebigen Punkt des Himmels ausgerichtet werden kann. Beeindruckend ist auch die filigranhafte Schönheit der Trägerkonstruktion.

Nach: S u W 1974/11

Bz

Nobelpreis für Radioastronomen

Erstmals wurde der Nobelpreis für Physik für astronomische Arbeiten vergeben. M. Ryle erhielt die Auszeichnung für die Entwicklung der Radiointerferometer, A. Hewish für seinen entscheidenden Anteil an der Entdeckung und Erforschung der Pulsare. Die Nobelpreis-Kommission zeigt damit der breiten Öffentlichkeit, welchen Stellenwert astronomisch-astrophysikalische Forschung im Gesamtbereich unseres heutigen physikalischen Grundlagenwissen erlangt hat.

Nach: S u W 1974/11

Bz

Spacelab

Der Verwaltungs- und Finanzausschuß der Europäischen Weltraumforschungsorganisation ESRO hat einstimmig beschlossen, den Auftrag für die Entwicklung des europäischen Weltraumlabor Spacelab an das Bremer Raumfahrtunternehmen ERNO zu geben. Der Auftrag ist mit einem Betrag von 580 Mio DM verbunden, die Gesamtkosten werden auf 1,1 Mrd. DM geschätzt. Das erste Raumlabor soll Anfang der achtziger Jahre als Nutzlast des zweistufigen Raumtransporters der USA fliegen. Die NASA bestellte bei der ESRO ein zweites Spacelab und deutete an, später weitere Exemplare zu kaufen.

Nach: S u W 13/280

Bz

Rätselhafte γ -Impulse

Großes Interesse und zahlreiche, zum Teil einander widersprechende theoretische Deutungen haben die seit 1967 beobachteten γ -Strahlenimpulse in der Fachwelt gefunden. Diese Bündel hochenergetischer Photonen treten sehr selten auf, sind aber sehr stark und werden im Energiebereich von 100 keV bis 1,2 MeV beobachtet. Die Impulse, die auch als Impulsgruppe erscheinen können, besitzen eine Dauer von 0,1 bis 4 sec, ihre Gesamtdauer ist meist kürzer als 1 min. Im Gegensatz zur γ -Astronomie, die bei typischen Energien von etwa 50 MeV arbeitet, gibt es beim γ -Impulsnachweis kein Untergrundproblem — das Problem liegt vielmehr in der Seltenheit der Erscheinung und der daher erforderlichen ununterbrochenen Meßbereitschaft des Satelliten. Folgerichtig wurden die ersten γ -Impulse von den Überwachungssatelliten VELA HOTEL registriert; die wissenschaftliche Welt erfuhr jedoch von ihrer Entdeckung infolge militärischer Geheimhaltung erst Jahre später. Inzwischen sind etwa 25 derartige Ereignisse bekannt, bei einigen konnte sogar durch die Beobachtung mit zwei Satelliten die Einfallsrichtung des Signals festgestellt werden. Aus diesen Angaben folgt, daß die Quellen der intensitätsstarken Impulse außerhalb unseres Sonnensystems, aber innerhalb unserer Galaxis zu suchen sein sollen. Auch mit anderen Satelliten sind Beobachtungen der γ -Impulse gelungen. IMP-6 konnte das Energiespektrum der Strahlung bestimmen. OSO 7 ermittelte für ein Ereignis eine sehr genaue Herkunftsposition. Die Satelliten UHURU und OGO 5 haben ebenfalls die rätselhafte Erscheinung registriert und unlängst ist sowjetischen Wissenschaftlern ebenfalls der Nachweis eines γ -Impulses gelungen.

Eine Vielzahl theoretischer Erklärungen ist bisher vorgelegt worden. Supernovae könnten im Prinzip die erforderliche große Energiemenge abgeben. Eine Supernova vom Typ II (massiver Kern und Wasserstoffwolke) würde bei der Explosion (= Oberflächenexpansion mit relativistischer Geschwindigkeit) einen γ -Impuls von etwa 0,5 sec Dauer ausstrahlen. Allerdings ist bisher kein zeitlicher Zusammenfall eines γ -Impulses mit dem Auftreten einer Supernova bekannt geworden und auch die Anzahl der in unserer Galaxis möglichen Supernovae ist weitaus kleiner als für die Häufigkeit der γ -Impulse erforderlich.

Ein Komet, der nahe an einem Neutronenstern vorbeifliegt (Wahrscheinlichkeit für enge Passagen hoch) würde durch die gewaltige Beschleunigung aufgebrochen. Der Absturz seiner Trümmer auf die Oberfläche des Neutronensterns würde vielfache γ -Impulse erzeugen, deren Dauer mit der beobachteten übereinstimmen würde. Leider ist auch hierbei die Anzahl der in unserer Galaxis vorhandenen Kometen viel kleiner als für diese Theorie notwendig.

Bei einem Doppelsternsystem aus wiederum einem Neutronenstern und einem gewöhnlichen Stern kann ein Flare des letzteren zu einem γ -Impuls werden. Diese Variante ist einer Theorie ähnlich, die für Röntgenquellen entwickelt wurde. Schließlich können Weiße Zwerge gigantische Sternflares erzeugen, deren Zeitstruktur den Röntgenausbrüchen der Sonne ähnlich sein sollte, deren Energie aber im experimentell beobachteten Bereich liegt. Welcher der Deutungsversuche der Realität am nächsten kommt, wird die Fortführung und Verfeinerung der Experimente entscheiden helfen.

Literatur: SCIENCE 182 (1974) 1238.

Fr.

Einfluß einer Sonnenfinsternis auf den Verlauf der Tagestemperatur

Anläßlich der totalen Sonnenfinsternis vom 30. Juni 1973 wurde von Waldmeier und Weber der Einfluß der Sonnenfinsternis auf die Tagestemperatur über viele Stunden des Tages gemessen. Die Beobachtungen wurden in Akjoujt (geographische Breite: $+19^{\circ}44'0''$, geographische Länge: $+14^{\circ}20'0''$) durchgeführt. Die Finsternis dauerte hier von 9^h25^m1 bis 12^h13^m3 (1. Kontakt 9^h25^m1 , 2. Kontakt = Beginn der Totalität 10^h41^m2 , 3. Kontakt = Ende der Totalität 10^h47^m3 , 4. Kontakt 12^h13^m3). Zum Zeitpunkt der Totalität betrug die Höhe der Sonne $58^{\circ}4'$.

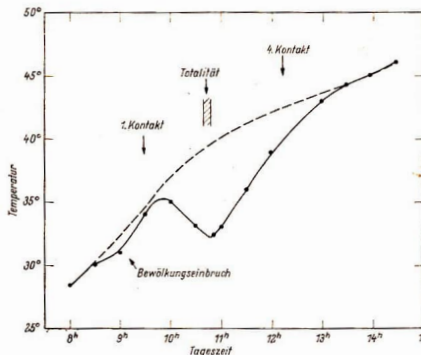


Abb. 1:
Sonnenfinsternis und Temperaturverlauf am 30. 6. 1973.

Die Kurve des Temperaturverlaufes für den 30. Juni 1973 zeigt eine Beeinflussung durch die Sonnenfinsternis etwa ab 9^h45^m . Die Temperatur nahm von diesem Zeitpunkt nahezu linear um $3,3^{\circ}$ pro Stunde ab und erreichte 1 Minute nach Ende der Totalität das Minimum. Jetzt begann ein steiler Anstieg — der ebenfalls nahezu linear verlief — von $5,5^{\circ}$ pro Stunde. Etwa 1 Stunde 10 Minuten nach Abschluß der Finsternis (4. Kontakt) scheint die Beeinflussung des ungestörten Temperaturverlaufes, der in der Abb. durch die gestrichelte Linie angedeutet ist, beendet zu sein.

Die Temperaturkurve läßt erkennen, daß bereits bei teilweiser Abdeckung der Sonne eine Beeinflussung des Temperaturverlaufes eintritt. Derartige Beobachtungen können mit sehr einfachen Mitteln durchgeführt werden. Da natürlich die Tagesgrundwetterlage ebenfalls sehr wesentlich ist, können die Beobachtungen an verschiedenen Orten sehr unterschiedlich sein und viele Vergleiche sind interessant.

Sm.

Fliegendes Sonnenobservatorium in der Stratosphäre

Die Rätsel unserer Sonne beschäftigen nicht nur die Astrophysiker, sondern auch die Physiker. Auf der Sonne haben wir nämlich die Möglichkeit, den Zustand des Plasmas zu untersuchen — eines Gases mit elektrisierten Teilchen oder, wie es häufig auch genannt wird, des vierten Aggregatzustandes der Materie. Auf der Erde spielt das Plasma nicht nur bei reinen Forschungen, sondern auch in der Technik eine große Rolle.

Gewaltige Plasmaprozesse auf der Sonne (Sonnenflecken, Eruptionen usw.) kennzeichnen die sogenannte Sonnenaktivität. Diese hat Einfluß auf das Magnetfeld und die Atmosphäre der Erde. Die Erforschung dieser Prozesse ist durchaus kein leichtes Vorhaben. Um zum Beispiel auf der Sonne Bildungen in der Größenordnung von 100 km unterscheiden zu können, ist ein Auflösungsvermögen des Teleskops erforderlich, das bisher nur in der Stratosphäre erreichbar ist. Außerdem erweitert sich hier der Untersuchungsbereich des Sonnenspektrums um mehr als das Hundertfache — in der Stratosphäre ist die Durchlässigkeit für die Ultraviolettstrahlung höher, außerdem können die Infrarotstrahlen frei durchdringen.

Gegenwärtig ist das sowjetische Stratosphären-Observatorium der in der Welt größte Komplex von Geräten zur Beobachtung der Sonne aus der Stratosphäre. Dieses Observatorium ist mit einem Cassegrain-Teleskop ausgerüstet, dessen Hauptspiegel einen Durchmesser von einem Meter hat. Den sowjetischen Wissenschaftlern ist es gelungen, ein sehr vollkommenes

Gerät zu entwickeln. Es hat eine hohe Auflösung, die bei so großen Dimensionen nur in Ausnahmefällen erreicht werden kann. Durch die Konstruktion, die Vollkommenheit der Mechanik und das präzise System der Ausrichtung auf das Objekt ist dieses Observatorium eines der zuverlässigsten Mittel für die Beobachtung unserer Sonne.

Über die Flüge des Observatoriums ist bereits mehrfach in der Presse berichtet worden. Heute liegen auch einige der wichtigsten Resultate dieser Forschungen vor. Sie haben unsere bereits nach den ersten Flügen ausgesprochene Annahme bestätigt, daß es in der Sonnenatmosphäre faktisch überhaupt kein Deuterium gibt, obgleich, wie A. B. Sewerny mit Recht annimmt, Deuterium bei Plasmaexplosionen, das heißt bei Sonneneruptionen, kurzzeitig auftreten kann.

Aus den Aufnahmen zweier Fleckengruppen vom 20. Juni 1973 konnten neue Informationen über die Entstehung der Eruptionen gewonnen werden. Bisher nahm man allgemein an, daß sich die Flecken durch die magnetische Trägheit der Fleckengruppen bei gewissen Veränderungen des Magnetfeldes bilden. Im genannten Falle jedoch haben sich wesentliche Veränderungen in der Anordnung der Flecken (und demnach auch des Magnetfeldes) in beiden Gruppen zugleich vollzogen. Wahrscheinlich ist die Entstehung der Eruptionen nur ein Teil der grandiosen Prozesse, die gleichzeitig einige geschlossene magnetische Konfigurationen umfassen und Wellencharakter haben.

Überhaupt wird die Wellennatur der Bewegungen des Sonnenplasmas aus vielen Aufnahmen sichtbar. So wurde festgestellt, daß die Aufbauelemente der Photosphäre — die Granuli — als Komplex verschiedener Wellen entstehen.

Sie sind ganz am Rand der Sonnenscheibe auszeichnet zu sehen. Früher war das den Forschern wegen des geringen Auflösungsvermögens der von der Erdoberfläche gemachten Aufnahmen entgangen. Und so war buchstäblich bis in die jüngste Zeit hinein die Mehrzahl der Vertreter der theoretischen Astronomie der Ansicht, daß die Granuli die Stellen sind, wo die konvektiven Gasströme aus großen Tiefen in die Photosphäre kommen. Theoretisch können die Ströme nicht bis an die obere Grenze der Photosphäre aufsteigen, dorthin, wo sie in die heterogene Chromosphäre übergeht. Die Prozesse jedoch, die wir am Rand der Sonnenscheibe beobachten, verlaufen nur gerade auf dieser Grenze. Diese Lage der Granuli sowie die Besonderheiten ihrer zeitlichen Entwicklung bestätigen ihre Wellennatur.

Am deutlichsten erkennbar sind die Welleneigenschaften, wenn man die Spektrogramme der Bewegungsgeschwindigkeit im Plasma untersucht. Das Auftreten und das sichtbare Verschwinden der Granuli und anderer „kleiner“ (mit Durchmessern von 100 bis 1000 km) Bildungen auf der Sonne sind durch Energieübertragung mittels der Wellen gut zu erklären. Bisher gibt es dafür keine andere Deutung. Interessant ist, daß sich die Granuli von den dunkleren Zwischenräumen nicht nur in der Temperatur unterscheiden, sondern auch nach der Dichte. In den Zwischenräumen der Granuli ist das Gas erheblich stärker verdünnt.

Aus den Aufnahmen und Spektrogrammen geht auch hervor, daß sich das Magnetfeld auf der Sonne in Form von dünnen Bögen (oder Schlingen) aus dem Inneren durch die Photo- und Chromosphäre in die Korona überträgt. Diese Bögen erweitern sich bei ihrem Eintritt in das stärker verdünnte Medium.

Auf Grund der auf der Erdoberfläche und in der Stratosphäre vorgenommenen Forschungen gewinnen wir umfassende Kenntnis von der Sonne als einem elastischen, aus Plasma bestehenden kosmischen Objekt. Die eigenartige Elastizität des Sonnenplasmas ist durch das Vorhandensein eines erheblichen Magnetfeldes bedingt, das die Bewegungsmöglichkeiten der Gasmassen begrenzt. Dadurch werden die Wellenbewegungen und verschiedene Schwingungen verstärkt. Gleichzeitig erhärtet sich die Gewölbe, daß das Magnetfeld ununterbrochen aus dem Inneren der Sonne aufsteigt und teilweise mit dem sogenannten Sonnenwind in den Weltraum gelangt, zum Teil aber auch zerfällt. Durch bestimmte Ursachen geht also auf der Sonne die Bildung des Magnetfeldes intensiv vor sich. Bisher gibt es noch keine Theorie, die die Bildung des Magnetfeldes der Sonne befriedigend erklärt. Seine Entstehung gehört ebenso wie die Bildung der Sonneneruptionen noch zu den Rätseln des Weltalls.

Die Eruptionen gehören zu der großen Klasse der Plasmaexplosionen, die bei den Sternen beobachtet werden. Ähnliche Erscheinungen, nur in viel größerem Umfang, verlaufen in den sogenannten veränderlichen Sternen. In gewissem Maße muß zu solchen Explosionen auch das Aufleuchten der Quasinoval, der Novae und der Supernovae gerechnet werden; dazu gehören auch die „Riesen“ (nach ihrer Masse) des Weltalls — die Quasare. Deshalb führt ein sorgfältiges Studium des Sonnenplasmas zu einem besseren Verständnis der Bewegungs- und Entwicklungsgesetze des Weltraumplasmas und ist ein wichtiger Faktor für die moderne Kosmologie und Kosmogonie.

Die eingehende Erforschung der Erscheinungen in der Photosphäre der Sonne ermöglicht es, eine theoretische Basis für das Problem der Sonnenaktivität zu entwickeln, diese Erscheinung theoretisch zu prognostizieren und damit die Veränderungen des Magnetfeldes und auch des Wetters auf der Erde zuverlässig vorauszusagen. Die erfolgreichen Flüge des Observatoriums in der Stratosphäre führen uns dicht an die Möglichkeit heran, große kosmische Observatorien für die Beobachtung der Sonne im Fernbereich der UV- und der Röntgenstrahlung zu schaffen. Gegenwärtig gibt es wegen technischer Schwierigkeiten noch keine kosmischen Laboratorien mit großen Teleskopen. Durch die Schaffung des Stratosphären-Observatoriums konnten einige Hindernisse überwunden werden. Wir können überzeugt sein, daß die Einrichtung von Observatorien im Weltraum und auf dem Mond in den nächsten Jahren entscheidend vorangetrieben wird.

W. Krat, Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, in „Prawda“ v. 1. 10. 74, nach PdsU Nr. 46/74.

Die innere Mondstruktur

Die innere Struktur des Mondes scheint aus vier, möglicherweise sogar aus fünf deutlich voneinander abgegrenzten physikalischen Zonen zu bestehen. Zu dieser Ansicht gelangten Geophysiker der Universität Texas (USA), als sie Meßdaten auswerten, die vier von amerikanischen Astronauten auf dem Mond hinterlassene seismische Stationen zur Erde übermittelt haben.

Die Instrumente der seismischen Stationen registrierten alle Mondbeben, die entweder infolge von Meteoriteneinschlägen oder auf Grund von Vorgängen im Inneren des Mondes auftraten. Nach Berechnung der Geschwindigkeit, mit der die Bebenwellen die Mondmaterie in verschiedenen Tiefen durchliefen, modellierten die Wissenschaftler einen Mondquerschnitt.

Danach sei die Mondkruste etwa 50 bis 60 km dick. Sie bestehe, so erklärten die Fachleute, aus feldspatartigem Material (Plagioklas). Darunter befände sich ein oberer Mondmantel, der etwa 250 km stark sei und hauptsächlich Bestandteile aus Ferro-Magnesium-Mineralien wie Olivin und Pyroxen aufweise.

Der darunter liegende mittlere Mondmantel sei etwa 500 km dick und von unbekannter Zusammensetzung. Der untere Mantel liege tiefer als 800 km. In dieser Schicht würden die seismischen Wellen bedeutend abgeschwächt. Es sei auch möglich, so meinten die amerikanischen Wissenschaftler, daß der Mond einen Kern besitze, der einen Radius von 170 bis zu 300 km haben könne, und der die Geschwindigkeit der Bebenwellen wesentlich verringere.

Aus: ND 23. 11. 1974

Mondatmosphäre

Nach Messungen ist die Dichte der Mondatmosphäre an der Oberfläche geringer als 10^7 Atome pro cm^3 . Ihre Gesamtmasse beträgt etwa 10 Tonnen. Sie besteht aus Gasen, die aus der Oberfläche ausströmen. Durch der Sonnenwind wird dieses Gas zum größten Teil ionisiert. Die Hälfte dieser ionisierten Atome gelangt in den kosmischen Raum (wegen der geringen Gravitation des Mondes), und die andere Hälfte fällt auf die Oberfläche zurück. Nach Untersuchungen von Richard R. Von-drak der Rice University würde eine Mondatmosphäre, die um das Zehntausendfache dichter ist, nicht mehr durch den Sonnenwind beeinflusst werden, sondern thermische Prozesse würden dominieren. Bei jeder APOLLO-Mission wurden zusätzlich rd. 10 Tonnen von Verbrennungsgasen des Raketenantriebs in die Mondatmosphäre eingebracht. Bei einer weiteren intensiven Monderkundung sowie durch den Aufbau von ständig besetzten Mondstationen wäre es nach Meinung des zitierten Wissenschaftlers möglich, daß durch die eingebrachten Fremdgas sowie durch die Abgabe in Verbindung mit der natürlichen Entgasung der Mondoberfläche eine Atmosphäre entstehen könnte, bei der die negativen Einwirkungen des Solarwindes ausgeschaltet würden. Diese ersten Berechnungen bedürfen allerdings noch exakter Überprüfungen.

Aus: Fliegerrevue 10/74.

Fotografie von punktförmigen Sternbildern mit feststehender Kamera

Bei Schülern und Amateurastronomen besteht oft der Wunsch, eindrucksvolle Sternkonstellationen in Verbindung mit den Planeten fotografisch zu erfassen.

Bei der Fotografie des Himmels mit einer feststehenden Kamera ist Voraussetzung, daß die Belichtungszeit gerade noch eine punktförmige Abbildung des Gestirns ermöglicht. Bei diesem Verfahren geht es also nicht um die Fotografie von sogenannten Sternspuraufnahmen, sondern um punktförmige Sternbilder mit der gerade noch möglichen Belichtungszeit. Die punktförmige Abbildung ist abhängig von der Brennweite des Fotoobjektivs und der Deklination des Gestirns. Die Entfernung der Kamera ist auf Unendlich eingestellt, die Blende zeigt die größtmögliche Öffnung.

In der nachstehenden tabellarischen Übersicht kann die Belichtungszeit in Sekunden für die betr. Brennweite der Fotokamera bzw. die Gestirnsdeklination abgelesen werden:

Deklination	Brennweite des Fotoobjektivs in mm					
	35	50	100	135	200	400
0	12	8	4	3	2	1
10	12	8	4	3	2	1
20	13	9	4	3	2	1
30	14	10	5	4	2	1
40	15	11	5	4	3	1
50	18	13	6	5	3	1
60	23	16	8	6	4	2
70	34	24	12	9	6	3
80	69	48	24	18	12	6

Daraus ergibt sich, daß die Brennweiten von 35 mm (Weitwinkelobjektiv) und 50 mm (Normalobjektiv) die besten Voraussetzungen für die punktförmige Gestirnsfotografie ergeben.

Bei diesem Verfahren werden selbstverständlich nur die hellen Sterne und Planeten fotografisch abgebildet. Maßgeblich dafür ist die Wahl des Filmmaterials, dessen Empfindlichkeit aber auch die Himmelselligkeit dementsprechend abbildet. Der NP 27-Film wird z. B. nur bei einem dunklen Himmelshintergrund eingesetzt werden können. Der Farbfilm UT 18 erlaubt bereits die unterschiedlichen Sternfärbungen, die allerdings bei Strichspuraufnahmen deutlicher sichtbar werden.

Az

Nach: Kozmos, herausgegeben vom Zentrum der slowakischen Amateurastronomie in Hurbanovo (ČSSR), Tabelle von I. Molnar, Galanta.

Projekt ARIES zur Erdbebenvorhersage

Im Rahmen des Projektes ARIES (Astronomical Radio Interferometric Earth Surveying) untersuchen Wissenschaftler des Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA in Zusammenarbeit mit dem Caltech Seismologischen Institut die Möglichkeit, Erdbebenvorhersagen nach dem von ihnen entwickelten „Erdspalten-Überwachungssystem“ zu treffen. Grundlage dieser Methode sind jüngste radioastronomische und geophysikalische Erkenntnisse, die Erfahrungen der Raumfahrtnavigation sowie die durch die moderne Elektronik geschaffene Möglichkeit, Zeitunterschiede, mit denen die Strahlung kosmischer Radioquellen zwei um einige hundert Kilometer voneinander entfernte Antennen erreicht, mit einer Genauigkeit von Milliardstel Sekunden zu messen.

Als Empfangsantennen für das ARIES-Experiment dienen die transportable 9 m-Antenne des JPL in Pasadena, deren Standort für verschiedene Experimente verändert werden soll, sowie die NASA-Anlage für den Funkverkehr mit interplanetaren Raumsonden in Goldstone. Zwischen beiden liegt die San-Andreas-Spalte, die als Hauptquelle großer Erdbeben im Süden der USA gilt. Beide Empfangsantennen werden auf eine etwa 1 Milliarde Lichtjahre entfernte kosmische Radioquelle ausgerichtet. Eine Erstvermessung liefert die Bezugsbasis für alle weiteren. Erdrindenebewegungen führen zu dreidimensionalen Entfernungsänderungen beider Stationen, die sich über die entstehenden Zeitdifferenzen bei der Signalaufnahme registrieren lassen.

Die NASA-Wissenschaftler hoffen, auf diese Weise die Bewegungen der San-Andreas-Spalte verfolgen und in Beziehung zu den Erdbeben als Basis für künftige Bebenvorhersagen bringen zu können. Jedes der geplanten Einzelexperimente ist für eine Dauer von einem Jahr vorgesehen.

Nach: elektronik — ztg., 12 (1974) 21, Seite 24.

h—n

Ballons kontra Fernsehsatelliten?

Die Verwendung von Fesselballons zur großflächigen Abstrahlung von Fernsehprogrammen und anderen Sendediensten wie Telex, Telefon oder Hörrundfunk an Stelle von Fernsehsatelliten wurde von der amerikanischen Firma TCOM Corp. vorgeschlagen. Eine mit Erfolg experimentell erprobte Anlage arbeitete mit einem Sender, der in 4500 m Höhe an einem Fesselballon hing und mit dem eine Fläche von 400 km Kreisdurchmesser versorgt werden konnte. Gegenüber Fernsehsatelliten sind sowohl die Investitions- als auch Betriebskosten wesentlich geringer. Außerdem besteht das bei Fernsehsatelliten strittige Problem der Abstrahlung auf Nachbarterritorien auf Grund der Unmöglichkeit der Erzeugung einer hinreichend schmalen und stabilen Strahlungskeule des Satellitensenders bei kleinen zu versorgenden Staaten nicht. Durch Wahl einer entsprechenden Höhe ist ein Optimum zwischen Versorgungsbereich, Stabilität und Höhe wählbar.

Die Verwendung von Ballons mit entsprechenden Sendern ist insbesondere für Entwicklungsländer eine ökonomische Alternative zum Einsatz von Fernsehsatelliten bzw. zum Aufbau terrestrischer Versorgungsnetze.

Lit.: Radio — Elektronik-Schau, 50 (1974) 9, S. 548.

h—n

Arabischer Nachrichtensatellit

Den Start eines eigenen Nachrichtensatelliten planen die arabischen Staaten. Der für eine Kapazität von 24 Fernsehkanälen vorgesehene Satellit soll 1978 von den USA aus in eine Synchronposition über der arabischen Region gestartet werden.

Lit.: Funkschau, 46 (1974) 18, S. 679.

h—n

Neues vom Jupiter und seinem Monde Jo

Die amerikanische Raumsonde Pioneer 11, die in den ersten Dezembertagen 1974 den größten Planeten unseres Sonnensystems in einem Abstand von nur 42 600 Kilometern passierte, hat Fotos übermittelt, die einen „farbenprächtigen“ Jupiter zeigen. Nach Ansicht führender Wissenschaftler der USA könnte das auf einen organischen Bewuchs deuten. Ein Mitarbeiter der Universität von Arizona, der die Funkbildübermittlung der Raumsonde überwachte, erklärte, daß die festgestellte Orangefarbe „genau in die Theorie der chemischen Evolution des Lebens“ passe. Die Atmosphäre des Planeten enthalte Ammoniak, Methan und Wasserstoff sowie Wasser. Eine solche Zusammensetzung herrsche einst auch auf der Erde vor, als Leben entstand.

Von besonderem Interesse für die Wissenschaftler der USA-Raumfahrtbehörde NASA war die Temperaturverteilung auf der Oberfläche des Jupiters. Pioneer 11 konstatierte niedrigere Temperaturen an den Polen und Anzeichen für eine ungleichmäßige Verteilung der enormen Oberflächenhitze. Jetzt soll aus den übermittelten Daten nach „Ruhezonen“ auf der Oberfläche des Jupiters gesucht werden, in denen biologische Entwicklungen möglich wären.

Die amerikanische Raumsonde ist bei der Passage des Jupiters von einem Hagel aus Kleinstmeteoriten getroffen und leicht beschädigt worden. Wie die NASA mitteilte, arbeiten drei empfindliche Instrumente der Sonde nicht mehr einwandfrei, darunter das Infrarotteleskop. Pioneer 11 hat beim Jupiter neben anderen Informationen ein rund viermal so starkes Magnetfeld wie das der Erde ermittelt. Die Sonde fliegt jetzt in Richtung Saturn, den sie in fünf Jahren erreichen soll.

Die Geheimnisse des Jupitermondes Jo sollen verstärkt erforscht werden, nachdem amerikanische Wissenschaftler kürzlich entdeckt hatten, daß dieser Mond von einer riesigen Wolke aus ionisiertem Natrium umgeben ist. Zu diesem Zweck beobachteten Astronomen aus zwölf Ländern von sechs Kontinenten aus im November 1974 während einer sogenannten „Jo-Woche“ den Jupitermond unter verschiedenen wissenschaftlichen Gesichtspunkten.

Vor allem soll durch diese und andere Beobachtungen die Frage geklärt werden, auf welche Weise auf dem Mond Jo Bedingungen entstehen konnten, die offenbar einmalig in unserem Sonnensystem sind, erklärte dazu der amerikanische Astronom Dr. Robert Brown vom Forschungszentrum für Physik der Erde und planetarische Physik an der Harvard-Universität jetzt in der britischen Zeitschrift „New Scientist“. Der Mond Jo sei wahrscheinlich ein anomales Fragment von „Uranterre“, das sich in einer gewaltigen elektrischen Umgebung befindet, die diese Materie modifiziert und beeinflusst. Je nachdem, welche Seite der Jo der Erde zuwendet, seien verschiedene Farb- und Helligkeitswerte zu beobachten, unterstrich Dr. Brown. Die Stabilität der Natriumwolke, die den Jupitermond Jo umhüllt, deute auf einen sehr stabilen Ursprung des Natriums hin, der jedoch noch nicht ergründet werden konnte.

Auch die Fluktuationen der vom Jupiter ausgehenden Radiostrahlung und deren Einfluß auf den Mond Jo werden weiter untersucht. Ein anderes Forschungsobjekt war während der „Jo-Woche“ die wechselnde Helligkeit dieses Jupitermondes. Durch Beobachtungen von verschiedenen Erdteilen aus hoffen die Astronomen, neue Aufschlüsse darüber wie auch über die dünne Atmosphäre des Mondes zu erhalten. Angaben über eine existierende Atmosphäre dieses Jupitermondes wurden von der amerikanischen Raumsonde Pioneer 10 zur Erde übermittelt.

Aus: ND 14. und 31. 12. 74

Gratulation

Prof. Dr. N. B. Richter 65 Jahre

Am 5. Februar 1975 wurde Prof. Dr. N. B. Richter 65 Jahre. In einem Gespräch äußerte er einmal, daß er jederzeit in seinem Leben 3 Dinge immer wieder genauso entschieden hätte. Eines davon war, daß er wieder den Beruf des Astronomen ergriffen hätte. Dies zeigt einerseits seine immer noch vorhandene Begeisterung für die Astronomie, andererseits, daß er auch Befriedigung in seiner Arbeit gefunden hat.

Wichtige Perioden des astronomischen Schaffens von Prof. Dr. Richter waren seine Tätigkeit an der Sternwarte Sonneberg und als erster und langjähriger Leiter des Karl-Schwarzschild-Observatoriums der Akademie der Wissenschaften der DDR in Tautenburg. Die Interessen von Prof. Dr. Richter lagen in früheren Jahren auf dem Gebiet der Erforschung der interplanetaren Materie, vor allem der Kometen. Davon zeugen zahlreiche Veröffentlichungen und sein Buch „Physik der Kometen“. Dem Problem der Untersuchung der Kometen gehört auch heute noch ein Teil seiner Zeit. So wird in Kürze der zweite Teil seines Kometenatlas erscheinen.

Im Zusammenhang mit der Übernahme der Leitung des Karl-Schwarzschild-Observatoriums widmete sich Prof. Dr. Richter entsprechend der Aufgabenstellung der Institution und der umfangreichen Möglichkeiten des 2-m-Spiegteleskopes in der Hauptsache der Erforschung der extragalaktischen Sternsysteme. Auf der Grundlage der zahlreichen und sehr guten Aufnahmen mit der Schmidt-Kamera wurde von ihm umfangreiches Datenmaterial statistisch bearbeitet. Da es ihm immer um die bestmögliche Ausnutzung der vielen vorhandenen Himmelsaufnahmen geht, war Prof. Dr. Richter stets um die Entwicklung der Methoden der Informationsausschöpfung bemüht. So wurde im Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg z. B. die Äquidensitometrie für astronomische Zwecke mit sehr gutem Erfolg angewendet.

Den Amateurastronomen der DDR ist Prof. Dr. Richter vor allem durch seine zahlreichen Vorträge bekannt, die den Amateuren einen Einblick in die Forschungsarbeiten des Karl-Schwarzschild-Observatoriums gaben.

Die Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“ gratuliert Prof. Dr. Richter sehr herzlich zu seinem 65. Geburtstag und wünscht ihm noch viele Jahre erfolgreichen wissenschaftlichen Schaffens.

Neuwertige Astrogeräte verkäuflich

Astrokamera 4,5/250 mit Zusatzkassetten: 720 M.

Mond- und Planetenkamera: 770 M.

Okularschraubenmikrometer mit Dunkelfeldbeleuchtung: 900 M.

Kleczek, Astronomical Dictionary (Wörterbuch astronomischer Begriffe in Englisch, Russisch, Deutsch, Französisch, Italienisch und Tschechisch): 30 M.

Zuschriften erbeten an Frau Dagmar Sigmund, 829 Kamenz, Haberkornstraße 16.

Refraktor 80/1200 azimutal auf kräftigem Holzdreibeinstativ (500 M) oder Rohrmontierung (400 M) verkauft Hans D. Greißner, 7981 Friedersdorf, Hauptstraße 88.

Literatur gesucht

Amateur sucht leihweise Literatur über astronomische Instrumentenkunde, Sternwartenbau und Spiegelschleifen.
Wolfgang Roloff, 3511 Birkholz, Dorfplatz 12.

„Astronomie und Raumfahrt“, Heft 5/65, sowie die Hefte 1–6/68 sucht Hans J. Schreiber, 2104 Stollberg, Karl-Marx-Straße 21.

1975	Planetensichtbarkeit (I)				Gültig für die Monatsmitte				
	Planet geht vor Sonne auf				Planet ist die ganze Nacht sichtbar	Planet geht vor Sonne unter			
	unsichtbar in Dämmerg.	Stunden				Stunden	unsichtbar in Dämmerg.		
		2	3	4		4	3	2	
Jan.		♂			♂	2		♀ ♀	
Feb.		♀ ♂			♂			2 ♀	
März	♀	♂			♂			♀	2
April	♂ 2				♂		♀		
Mai		2 ♂					♀ ♂	♀	
Juni			♂ 2				♀	♂	
Juli		♀		♂ 2				♀	
Aug.	♀		♂		2 ♂				♀
Sept.		♀		♂	♂ 2				♀
Okt.	♀			♀	♂ 2 ♂				
Nov.	♀			♀	♂ ♂ 2				
Dez.				♀	♂ ♂ 2				♀

1975 Planetensichtbarkeit (II)									
Monat	Tabelle gibt Örter der Planeten in Tierkreissternbildern an								
	Sonne	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Pluto
	☉	☿	♀	♂	♃	♄	♅	♆	♇
Jan.	♏/♐	♏/♐	♏/♐	♏/♏	♏	♏	♏	♏	♏
Feb.	♐/♑	♐	♑/♒	♏	♑/♒				
März	♑/♒	♐/♑	♒/♓	♏/♐	♒				
April	♒/♓	♒/♓	♓/♏	♐/♑					
Mai	♓/♏	♓	♓/♏	♑/♒					
Juni	♏/♐	♓	♏/♐	♒/♓					
Juli	♐/♑	♓/♏	♏	♒					
Aug.	♑/♒	♓/♏	♏	♒/♓		♏/♐			
Sept.	♒/♓	♓	♏	♓		♏			
Okt.	♓/♏	♓	♏	♓/♏					
Nov.	♏/♐	♓/♏	♏/♐	♓/♏					
Dez.	♐/♑	♓/♏	♓/♏	♓	♏	♏	♓	♓	♓

Albert

Observatorium sucht Nachtassistenten

Am Karl-Schwarzschild-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der DDR in Tautenburg werden zur ständigen Mitarbeit Nachtassistenten gesucht. Eine sehr wichtige Voraussetzung für die Aufnahme einer solchen Tätigkeit ist Begeisterung für die beobachtende Astronomie, da es bei dieser Tätigkeit in der Hauptsache um die Assistenz bei nächtlichen Beobachtungen und die Kontrolle der Nachtklarheit geht. Einen Teil seiner Arbeitszeit wird der Mitarbeiter aber auch bei Messungen und Auswertungen von Beobachtungen verbringen. Interessierte Amateurastronomen wenden sich an Karl-Schwarzschild-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der DDR, 6901 Tautenburg, Kreis Jena.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Buchbesprechung

Planet Erde

„Es gibt unter der umfassenden geophysikalischen Literatur kein Buch, das in populärwissenschaftlicher Form eine Vorstellung über die grundlegenden astronomischen und physikalischen Probleme gäbe, die den Planeten Erde betreffen“, heißt es am Anfang des Vorwortes zur russischen Ausgabe des Buches, das diese Lücke schließen sollte und 1972 in Moskau erschien. Schon 1974 legte die Teubner-Verlagsgesellschaft die um zwei Kapitel gekürzte deutsche Ausgabe vor, so daß die verarbeiteten neuen Erkenntnisse, gewonnen mit Erdsatelliten und Raumstationen, durchaus noch aktuell sind. Für diese Initiative ist dem Verlag zu danken.

Die Autoren, Prof. K. A. KULIKOW und Dr. N. S. SIDORENKOW, bekannte Wissenschaftler des Sternberginstitutes der Lomonossow-Universität, haben in ausgezeichnete Weise ein möglichst umfassendes Bild von unserem Planeten gezeichnet, obwohl sie sich bewußt waren, daß alle Probleme auf dem zur Verfügung stehenden Raum nicht darlegbar waren. Die deutsche Ausgabe ist in fünf Kapitel gegliedert, die jeweils streng und klar unterteilt sind: 1. Polwanderung und Schwankungen der Erdrotation nach astronomischen Beobachtungen; 2. Der Aufbau des Planeten Erde; 3. Sonnenstrahlung und Wärmehaushalt der Erde; 4. Erdmagnetismus und erdnaher kosmischer Raum; 5. Dynamik der Erde. In diesen Kapiteln wird die Erde von den verschiedensten Seiten der Wissenschaft beleuchtet und zwar aus der Sicht der Astronomie, der Geowissenschaften mit ihren Hauptzweigen Geodäsie, Geophysik, Geologie und der Solarphysik. Dadurch erhält der Leser einen umfassenden Begriff, wie die verschiedensten Forschungswege miteinander verflochten sind.

Das Buch zeichnet sich durch Klarheit in der Linienführung und Verständlichkeit aus. Da es nicht nur die bloßen Endresultate der Forschungen vermittelt, sondern auch zeigt, mit welchen Methoden die Ergebnisse gewonnen wurden, kann man diesen Jubiläumsband (25. Band in der Reihe Physik) der „Kleinen naturwissenschaftlichen Bibliothek“ in doppelter Hinsicht als „Lehrbuch“ ansprechen. Es vermittelt Wissen über unsere kosmische Heimat und zeigt den Weg, wie Wissen in populärwissenschaftlicher Form weiterzugeben ist. Erfreulich auch, daß der mathematische Inhalt des ersten Kapitels fast ohne den „Formalismus“ auskommt. Die wenigen Ausnahmen sind – bis auf Formel (5) auf Seite 26 – auch dem Laien verständlich.

Auf einige Mängel im Buch sei hingewiesen, die bei einer Neuauflage behoben werden können. Auf Seite 8 muß es nach (2) richtig heißen: „Hierbei bezeichnet T den Stundenwinkel ...“ und auf Seite 111 ist nicht die „Sonnengeschwindigkeit von 500 km/s“ gemeint. Dafür ist zu lesen Sonnenwindgeschwindigkeit. Der aufmerksame Leser wird auf Seite 133 auch finden, daß die Corioliskraft auf der Nordhalbkugel keine Absenkung, sondern eine Ablenkung des Wassers an die rechten Flußufer bewirkt und daß die Sonnenhöhe nicht in Prozent sondern in Grad ($S, 79 - h = 5^\circ \dots$) angegeben wird. Der auf Seite 11 genannte Astronom Gildén ist dem Rezensenten unbekannt. Sollte damit der Schwede Gylden gemeint sein? Nicht ganz einsichtig ist das Bemühen der beiden Übersetzer, internationale Bezeichnungen und deren Abkürzungen unbedingt ins Deutsche zu übertragen (S. 17–28). Wahrscheinlich sind so auch zwei andere Unstimmigkeiten zustande gekommen. Seite 9 können kaum „Nivellierungsgenauigkeiten“ gemeint sein. Nach Abbildung 1 und vorangegangenen Text dürfte es sich um die Achsneigung des Instrumentes handeln. Und auf Seite 79, vorletzter Absatz, ist die Formulierung „Sonnenstrahlung ... geht im Weltraum verloren“ irreführend, weil gemeint ist, daß die von der Erde reflektierte Sonnenstrahlung sich im Weltall ausbreitet und für terrestrische Prozesse „verloren“ ist.

Die genannten Schwächen schmälern aber den hohen Wert des Buches keineswegs. Dieser Band enthält auf 160 Seiten das, was heute ein wissenschaftlich Interessierter von seinem Heimatplaneten wissen sollte.

HEINZ ALBERT

K. A. Kulikow und N. S. Sidorenko: *Planet Erde*. BSB B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft Leipzig, 1974. (Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek. Reihe Physik, Bd. 25), 160 Seiten, 42 Abbildungen; 7,50 M

2¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Die Erforschung des Planeten Merkur · Dr. Johann Dorschner	33
Kosmische Strahlungsuntersuchungen mit Salut 1 · Dr. W. D. Fromm	41
Einige Ergebnisse der extraterrestrischen Astrophysik · Dr. K.-H. Schmidt	45

Bildseiten

Merkuraufnahmen	I—IV
---------------------------	------

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung der Perseiden 1974 · Jürgen Rendtel, Martin Müller, Joachim Prell/Rainer Kubik	50
Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen II Hans-H. Lenz	54

Frage und Antwort

Warum rotieren Sterne ?	58
-----------------------------------	----

Aus der Literatur

Atmosphäre des Erdmondes	59
Mit dem bloßen Auge sichtbare Sonnenflecke — Intergalaktische Materie innerhalb von Galaxien- haufen — Neuer Supernovamechanismus — Supernovae und Geochemie	60
Skylab-Werkstoffversuche — Kostenersparnisse in der Raumfahrtforschung — Erste städtische Sternwarte in Italien	61
Radioemission des Planetoiden Ceres — Asymmetrie der Saturnringe — „Schwarze Löcher“ im Labor ?	62
Ursprung von Kometen — Milchstraßensystem und Magellansche Wolken intergalaktisch mitein- ander verbunden — Megalithische Kunstgalerie mit Sonnenbeleuchtung	63
Transportable Instrumente — Elf neue Pulsare — Atmosphäre auf dem Merkur — Pulsarfor- schung — Weißer Zwergstern	64
Alkohol im Weltraum — Marsfarbbilder — Farbige Mondkarten — Der Durchmesser der Sterne	3. Umschlagseite
Neue Marshypothese — Pioneer-Sonden zur Venus — Berichtigung	4. Umschlagseite

Buchbesprechung

Prinzipien der Dynamik	4. Umschlagseite
----------------------------------	------------------

Redaktionsschluß: 25. I. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfafe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Ol. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17; Bernd Zill, Pionier- und Volksternwarte, 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohnenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionsatz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

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

Die Erforschung des Planeten Merkur

DR. JOHANN DORSCHNER

Unter den Planeten der Sonne nimmt der unserem Tagesgestirn nächste, der Merkur, in vielerlei Hinsicht eine Sonderstellung ein. So ist er beispielsweise mit Abstand der schnellste und umläuft die Sonne in weniger als einem Vierteljahr. Kein Wunder, daß man diesen geschäftig am Himmel dahineilenden Wandelstern im Altertum für den Boten der Götter hielt. Nabu nannten ihn die Babylonier und glaubten, daß er neben der Funktion des himmlischen Herolds auch die Schirmherrschaft über Schreibkunst, Handel und Verkehr innehatte. Bei den Griechen spielte Merkur zunächst eine Doppelrolle. Das helle Gestirn, das hin und wieder in der Morgendämmerung tief über dem Ägäischen Meer zu sehen war, hielten sie für den Gott Apollo, während sie den gelegentlich nach Sonnenuntergang über dem Ionischen Meer sichtbaren Wandelstern mit dem Götterboten Hermes in Zusammenhang brachten. Erst zu Zeiten Platons setzte sich anscheinend die Erkenntnis durch, daß beide Erscheinungen dasselbe Himmelsobjekt betrafen, das nunmehr endgültig mit Hermes identifiziert wurde. Die Römer übernahmen diese Festlegung und nannten diesen Wandelstern Mercurius. Dieser Name ging dann auch in die Astronomie ein.

1. Merkur und die Beobachter

1.1. Sichtbarkeitsbedingungen

Wegen seiner Sonnennähe ist der Merkur außerordentlich schwer beobachtbar, obwohl seine scheinbare Helligkeit im Maximum die des Sirius erreicht. Jedoch nur in der Tropenzone ist Merkur ein wirklich auffälliges Objekt am Morgen- bzw. Abendhimmel. In mittleren und höheren geographischen Breiten hebt er sich dagegen kaum aus dem Horizontdunst heraus, weil hier die Ekliptik flacher zum Horizont verläuft.

Von der Erde aus gesehen kann der Merkur im günstigsten Falle eine größte westliche Elongation von $27^{\circ}50'$ erreichen. Dieser Fall kann Anfang April eintreten, falls sich Merkur zu dieser Zeit gerade in der Nähe seines Aphels aufhält. Das Minimum der größten westlichen Elongation ($17^{\circ}52'$) tritt im September ein, falls Merkur sein Perihel passiert. Die weitaus meisten Morgensichtbarkeiten des Planeten liegen natürlich zwischen diesen beiden Extremwerten.

Bei der Abendsichtbarkeit, d. h., wenn der Planet seine größte östliche Elongation erreicht, liegen die Verhältnisse genau umgekehrt.

Für die Beobachter in nördlichen Breiten sind jedoch die Abendsichtbarkeiten des Planeten im Frühjahr die ergiebigeren, weil dann die Ekliptik besonders steil zum Horizont verläuft. Im Herbst ist die Deklination des Planeten kleiner als die der Sonne, er steht dadurch tiefer, selbst wenn er in Länge weiter von der Sonne entfernt ist als im Frühjahr.

Von der Erde aus beurteilt, beträgt der zeitliche Abstand zwischen zwei einander folgenden größten westlichen (oder östlichen) Elongationen 116 Tage, die synodische Umlaufzeit. Dazwischen steht der Planet so dicht an der Sonne, daß er mit dem bloßen Auge nicht zu sehen ist. In unseren Breiten kann Merkur mit dem bloßen Auge insgesamt etwa an 30 Tagen eine halbe Stunde lang in der Morgen- bzw. Abenddämmerung gesehen werden. Das sind — klares Wetter vorausgesetzt — etwa 15 Stunden im Jahr.

Mit großen Teleskopen ist Merkur natürlich auch am Taghimmel zu beobachten. Unter den sehr günstigen Verhältnissen der französischen Pyrenäen-Sternwarte Pic du Midi in 3000 m Höhe kann der Planet bis zu 2° Sonnenabstand teleskopisch verfolgt werden. Am 2. August 1942 konnte ihn der französische Astronom Lyot sogar in der oberen Konjunktion beobachten. Ursache dieses bisher einmaligen Ereignisses war der ungewöhnlich große nördliche Abstand des Planeten von der Sonne zu diesem Zeitpunkt.

1.2. Beobachtungsprobleme

Merkur ist also wegen seines Auftretens in der Dämmerung bedeutend schwieriger als die anderen irdähnlichen Planeten zu beobachten. Ähnlich wie die Venus zeigt er im Fernrohr Phasen, die bei der Kleinheit des Merkurscheibchens aber schwieriger zu sehen sind als die des Morgen- und Abendsterns. Entdeckt wurden sie — Galilei hatte erfolglos nach ihnen Ausschau gehalten — erst 1639 von dem Italiener Zupus und unabhängig davon 1644 von dem bekannten deutschen Astronomen Hevelius. Nicht einfach erwies sich das Problem der Messung des scheinbaren Durchmessers des Merkur, weil in der Dämmerung eine starke Luftunruhe herrscht. Sehr erfolgreich war deshalb Hevelius' Idee, die durchschnittlich alle 8 Jahre erfolgenden Durchgänge vor der Sonnenscheibe zur Durchmesserbe-

stimmung zu benutzen. Beim Durchgang von 1611 fand er einen scheinbaren Durchmesser von $1/150$ des Sonnendurchmessers, einen durchaus akzeptierbaren Wert. Auch in unserem Jahrhundert traten immer noch erhebliche Streuungen der Meßwerte auf, so daß der Durchmesser mit einem ziemlich großen Fehler behaftet blieb. Erst die Auswertung von Radarechos am Merkur verbesserte den Durchmesserwert entscheidend und rückte ihn in die Nähe des genauesten Wertes, den es derzeit gibt, den bei der Passage der Sonde Mariner 10 abgeleiteten Durchmesser von 4878 km.

Außerordentlich problematisch gestaltete sich die Beobachtung von Oberflächendetails auf dem Merkur. Auch in den großen Refraktoren sieht der Planet nur etwa soweit aufgelöst aus wie unser Erdmond, wenn man diesen mit dem bloßen Auge betrachtet. Für die Merkurbeobachtung wurden von geübten Planetenbeobachtern vor allem große Refraktoren eingesetzt, besonders, wenn die Beobachtung am Tage erfolgte. Bei Öffnungen unter 30 cm sind nämlich bei Tagesbeobachtungen kaum Oberflächeneinheiten auszumachen.

Die ersten Beobachter, denen Einzelheiten auf der Merkuroberfläche auffielen (Ungleichheiten der Hörner), waren Schroeter und Harding zu Beginn des 19. Jh. Nachdem Schiaparelli erfolgreich die Tagesbeobachtung des Merkur eingeführt hatte, konnte man einmal entdeckte Einzelheiten längere Zeit verfolgen. Es gelang dabei allerdings nicht, die durch die Merkurrotation bedingte Verschiebung der Flecken, die man inzwischen gefunden hatte, zu beobachten. Schiaparelli schloß daraus auf eine sehr langsame Rotation. Er nahm schließlich an, daß Merkur wie der Erdmond gebunden rotiere, und diese Auffassung setzte sich durch.

Der falsche Wert der Rotationszeit beeinträchtigte natürlich die Erarbeitung einer Merkurkarte, die den gesamten Planeten umschloß. Dieses Problem konnte erst gelöst werden, nachdem die Rotationsperiode zweifelsfrei feststand.

2. Merkur – ein himmelsmechanischer Problemfall

2.1. Die Merkurmasse

Da Merkur keinen Mond besitzt, blieb seine Masse lange Zeit unbekannt. Mit viel Scharfsinn versuchte man über die Störungsrechnung der Himmelsmechanik dieser Größe auf die Spur zu kommen. Die Ergebnisse blieben aber mit ziemlichen Unsicherheiten behaftet. Im Jahre 1835 berechnete Encke die Merkurmasse aus Störungen, die der Planet auf die Bahn des Enkeschen Kometen ausübte. Newcomb analysierte später die winzigen Störungen des Merkur auf die Venusbahn. Die bis dahin zuverlässigsten Werte erhielt schließlich Rabe, als er in den dreißiger Jahren die Bahn des kleinen Planeten Eros analysierte. Der daraus abgeleitete Wert der Merkurmasse liegt bei 0.053 Erdmassen.

Sehr genaue Massenwerte wurden 1974 aus der Bahnanalyse der Venus-Merkur-Sonde Mariner 10 gewonnen. Als diese Sonde am 29. März 1974 den Merkur in nur 704 km Abstand passierte, wurde der bisher präziseste Wert abgeleitet: Die Merkurmasse beträgt danach $1/6023600$ Sonnenmassen oder 0.0553 Erdmassen.

2.2. Die Periheldrehung des Merkur

Die himmelsmechanische Analyse der Bahn des innersten Planeten ergab eine Reihe von Besonderheiten. Sieht man von Pluto ab, bei dem es sich möglicherweise primär gar nicht um einen Planeten im eigentlichen Sinne handelt, dann hat die Merkurbahn zwei Besonderheiten: Sie ist exzentrischer und stärker gegen die Ekliptik geneigt als die Bahnen anderer Planeten. Ihre numerische Exzentrizität liegt bei 0.206, die Neigung zur Ekliptik beträgt 7° . Nur Pluto übertrifft diese Parameter. Wegen der großen Exzentrizität schwankt der Abstand des Merkur von der Sonne zwischen 46 und 70 Millionen km. Dieser große Abstandsunterschied zwischen Perihel und Aphel ist ja die Ursache für die unterschiedlichen Werte der größten Elongationen, wie wir sie in Abschnitt 1.1. behandelten.

Verglichen mit den Bahnen von Venus und Erde verhält sich Merkur also etwas extravagant. Himmelsmechanisch beurteilt, ist jedoch an seinem Verhalten nichts grundsätzlich Besonderes.

Merkur hat jedoch in seiner Bahnbewegung eine kleine, aber äußerst interessante Komponente, die im vorigen Jahrhundert den Himmelsmechanikern einiges Kopfzerbrechen verursachte und – wie sich in unserem Jahrhundert zeigte – tatsächlich aus dem Rahmen der auf dem Newtonschen Gravitationsgesetz aufbauenden Himmelsmechanik herausführt. Nach Abzug aller Störungen blieb nämlich zwischen theoretischer Vorausberechnung und beobachteter Position des Planeten in seiner Bahn eine unerklärliche kleine Differenz. Das Perihel bzw. die Apisidenlinie verdreht sich um 43 Bogensekunden im Jahrhundert in Bewegungsrichtung des Planeten.

Der Entdecker des Neptun U.J.J. Leverrier schloß aus diesem Grunde auf das Vorhandensein einer störenden Masse innerhalb der Merkurbahn. Diese Schlußfolgerung bildete das Fundament für ein interessantes Kapitel der Astronomie des vorigen Jahrhunderts.

Im Jahre 1859 beobachtete der französische Landarzt Lescault ein Objekt, das anscheinend die Sonne passierte. Aus Vorsicht oder Bescheidenheit hielt er aber diese Beobachtung noch zurück. Nachdem Leverrier davon Kenntnis erhalten hatte, überzeigte er sich an Ort und Stelle von den Beobachtungs Umständen, sparte nicht an hochmütiger Kritik des primitiven Instrumentariums in Lescaults Sternwarte, räumte aber doch schließlich ein, daß die Messungen des Landarztes Vertrauen verdienten. Von jetzt ab glaubte Leverrier fest, dem intramerkurialen Planeten auf der Spur zu sein, und berechnete dessen Bahnelemente. Eine fieberhafte Suche setzte nach dem neuen Planeten Vulkan ein, an den man schon so sicher glaubte, daß selbst in der Fachliteratur sein vorgeschlagener Name benutzt wurde. Vulkan blieb jedoch verschollen, die Neptunentdeckung blieb ein einmaliges Ereignis.

Heute ist man sicher, daß es Vulkan im Leverrierschen Sinne nicht gibt, obwohl damit noch nicht gesagt ist, ob nicht etwa ein weiterer kleiner Himmelskörper sich innerhalb der Merkurbahn aufhält. Die Ursache für die Periheldrehung des Merkur ist nämlich nicht in Bahnstörungen zu suchen, sondern darin, daß das Newtonsche Gravitationsgesetz die Bahnbewegung in der Nähe einer großen Masse nicht mehr genügend genau beschreibt. Das ungewöhnliche Bewegungsverhalten des Merkur kann jedoch zwanglos durch die Einsteinsche Gravitationstheorie verstanden werden, die das Newtonsche Gravitationsgesetz als Näherung für schwache Schwerfelder enthält. Die Tatsache, daß sich Merkur streng genommen auf einer Rosettenbahn um die Sonne bewegt, ist Ausdruck der in Sonnennähe stärkeren Krümmung des Raumes, die Anlaß zu meßbaren Abweichungen von den Bewegungsgesetzen der Newtonschen Physik, die für den ebenen Raum gilt, gibt. Die Einsteinschen Gleichungen des Gravitationsfeldes sagen übrigens genau eine Periheldrehung von 43 Bogensekunden pro Jahrhundert voraus. Der Planet Merkur fungiert daher als einer der Kronzeugen, wenn es um die Prüfung dieser ansonsten sehr komplizierten Theorie geht, die Einstein im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie im Jahre 1915 formulierte.

2.3. Die Rotationsperiode des Merkur

Im Jahre 1965 wurde das Rätsel der Merkurrotation endgültig gelöst. Mit Hilfe des großen Reflektors von Arecibo konnten die beiden amerikanischen Radioastronomen G. Pettengill und R. Dyce aus der Analyse von Radarechos am Merkur feststellen, daß dieser Planet zwar sehr langsam, aber keineswegs gebunden rotiert. Seine Rotationszeit beträgt 59 Tage. Sofort nach Bekanntwerden dieses Wertes angestellte Neubearbeitungen von Merkurzeichnungen, die an vielen Sternwarten, an denen Planetenbeobachtungen betrieben wurden, vorhanden waren, zeigten, daß das gegebene Material mit dieser Rotationsperiode verträglich ist.

Die Methode der Radarastonomie, die Rotationsgeschwindigkeit eines Planeten zu bestimmen, beruht auf folgenden beiden Effekten: Da Mitte und Randgebiete der Planetenscheibe unterschiedlich weit von uns entfernt sind, kommt die am Planeten reflektierte Radarstrahlung nicht zu gleicher Zeit auf der Erde an. Das Radarecho hat eine bestimmte zeitliche Auflösung. Da sich der Planetenrand vom Beobachter entfernt (infolge der Rotation des Planeten) und der andere auf ihn zukommt, erleidet die reflektierte Radarstrahlung entsprechende Dopplerverschiebungen. Sie zeigt also weiterhin eine Frequenzaufspaltung.

Das Radarecho eines rotierenden Planeten besitzt daher etwa folgendes Aussehen: Zuerst trifft die in Frequenz unverschobene, von der Mitte der Planetenscheibe reflektierte Strahlung ein. Danach läuft das Echo in der Frequenz immer mehr auseinander, es verbreitert sich symmetrisch zu beiden Seiten des Frequenzwertes, den das Echo hätte, wenn der Planet nicht rotieren würde. Aus dieser Frequenz-Ankunftszeit-Relation läßt sich dann die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten berechnen.

Interessant an der Rotationsperiode des Merkur ist nun, daß sie genau $2/3$ der Umlaufzeit um die Sonne beträgt. Es handelt sich dabei also um ein Resonanzphänomen, das wahrscheinlich durch Gezeitenwirkung zustande kommt. Für einen gedachten Beobachter auf dem Merkur hat diese eigenartige Kopplung von Tages- und Jahreslänge ungewöhnliche Konsequenzen. Er würde 88 Erdentage lang „Tag“ und weitere 88 Erdentage lang „Nacht“ erleben. Die Sonne wäre scheinbar mindestens doppelt so groß, wie sie einem Beobachter auf der Erde erscheint. Während sie sich über den Himmel bewegt, schwillt ihre Scheibe bis zum Doppelten ihrer minimalen Größe an (Exzentrizität der Merkurbahn!). Außerdem vollführt sie eine an die scheinbare Bewegung der Planeten erinnernde Schleifenbewegung am Himmel, sie bewegt sich rechtläufig, kommt zum Stillstand, wird rückläufig, kommt wieder zum Stillstand und bewegt sich rechtläufig weiter. Alle diese eigenartigen Effekte erklären sich aus der Überlagerung von Rotation und Revolution ziemlich zwanglos. Wenn die Menschheit auf dem Merkur ansässig wäre, dann hätte es der „Merkur-Copernicus“ vermutlich ungleich schwerer gehabt, seine Mit-Merkurianer für einen heliozentrischen Standpunkt zu gewinnen, als es der irdische Copernicus bei den ziemlich „übersichtlichen“ Verhältnissen der scheinbaren Sonnenbewegung am Erdbimmel hatte.

3. Die klassische Hermeographie

3.1. Die Anfänge der Merkurbeschreibung

Auf dem kleinen Merkurscheiben Einzelheiten zu erkennen, erfordert außerordentliche beobachtende Fähigkeiten. Erstmals gelang dies im Jahre 1800, als der Planetenbeobachter J. H. Schroeter und sein Assistent K. L. Harding Abweichungen der beiden Hörner der Merkursichel voneinander feststellten. Schiaparelli konnte später nachweisen, daß dieses Phänomen auf einen dunklen Fleck zurückging, der damals gerade die südliche Hörnerspitze in ihrem Aussehen beeinträchtigte.

Schroeter fand auch einen über den Scheibenrand hinausgehenden hellen Fleck im Südpolgebiet und deutete ihn als den von der Sonne beschienenen Gipfel eines hohen Berges. Diese Deutung stieß aber auf starke Kritik, denn der Berg müßte 19 km hoch sein. Eigenartigerweise wurde das gleiche Phänomen 1941 wieder beobachtet.

Im Jahre 1801 sah Harding erstmals einen dunklen Fleck auf der Südhälfte des Merkur, den er einige Tage lang beobachtet verfolgen konnte. Danach blieb es dann jahrzehntelang still um Details der Merkuroberfläche, bis 1867 der Engländer Prince wiederum einen dunklen Fleck auf der Südhälfte des Planeten sichtete.

3.2. Merkurbezeichnungen und -karten

Ein neuer Abschnitt in der Dokumentation der Merkuroberfläche, der Hermeographie, begann 1882, als G. V. Schiaparelli mit einem 22 cm- und einem 49 cm-Refraktor die systematische Beobachtung dieses Planeten betrieb und detaillierte Zeichnungen erhielt. Parallel zu Schiaparelli arbeitete der britische Amateur W. F. Denning, der gleichfalls interessante Gruppierungen dunkler Flecken auf dem Merkur festhielt.

Besonders verdienstvoll machte sich ab 1924 der französische Astronom E. M. Antoniadi um die Hermeographie. Er benutzte den großen Refraktor von 83 cm Öffnung der Pariser Sternwarte zu Meudon. Von ihm stammt auch das System von Benennungen der dunklen und hellen Gebiete auf dem Merkur, das sich wie beim Mars der antiken Mythologie und Geographie bediente und speziell auf den Götterboten Bezug nahm. Abweichend vom Mars heißen die ausgedehnten dunklen Gebiete auf dem Merkur nach Antoniadi „Wüsten“ (lat. *solitudo*), die schmalen dunklen Streifen dagegen „Täler“ (lat. *vallis*).

Weitere Fortschritte bei der Merkurbeobachtung erzielten dann die beiden Franzosen B. Lyot und A. Dollfus auf dem Pic du Midi. Sie lieferten nicht nur gute Zeichnungen, sondern auch Photos des Merkur.

Hauptzweck von Planetenzeichnungen am Fernrohr ist es natürlich, Karten zu erarbeiten. Berühmte Merkurkarten stammen von Schiaparelli (1889), Antoniadi (1936) und von den Pic-du-Midi-Beobachtern (1953). Diese Karten litten jedoch alle unter dem Mangel, daß sie von einer falschen Rotationszeit des Planeten ausgingen. Richtig positioniert konnten die beobachteten Details auf der Merkurkugel erst werden, nachdem die genaue Umdrehungszeit des Planeten um seine Achse ermittelt war.

Die bisher „genauesten“ Merkurkarten wurden von den Amerikanern D. P. Cruikshank und C. R. Chapman (1967) und von den Franzosen A. Dollfus und H. Camichel (1968) herausgebracht. Der Maßstab betrug dabei 1:50 000 000. Zahlreiche Abweichungen dieser beiden Karten voneinander dokumentieren eindrucksvoll die geringe Beobachtungsgenauigkeit.

Eine international verbindliche Benennung der Oberflächenerscheinungen des Merkur gibt es – im Gegensatz zum Mars – noch nicht. Das erwähnte Bezeichnungssystem von Antoniadi gibt es auch in modifizierter Form, indem eine vollständige Analogie zur Marsnomenklatur angestrebt wird, d. h., daß die massiven dunklen Flecke „Meere“ (in Einzelfällen auch „Ozeane“), die kleinen Tupfen „Seen“ und die dunklen schmalen Streifen „Meerengen“ genannt werden. So tauchen, um nur einige markante Beispiele zu nennen, *Oceanus Hermae Trismegisti* statt *Solitudo Hermae Trismegisti*, *Mare Atlantis* statt *Solitudo Atlantis*, *Fretum Neptuni* statt *Neptuni Vallis* auf. Die hellen Gebiete tragen wie beim Mars einfach antike Landschaftsnamen. Dieses modifizierte Bezeichnungssystem wird vor allem von den sowjetischen Planetologen bevorzugt.

4. Von der Hermeographie zur „Merkurgeologie“

4.1. Die Mission von Mariner 10

Das verschwommene Bild der Merkurlandschaft, die man bisher nur mit einem Auflösungsvermögen von rund 200 km kannte, wurde erst scharf, als ein Raumfluggerät den Merkur passierte. Am 3. November 1973 wurde die Planetensonde Mariner 10 gestartet, passierte am 5. Februar 1974 in 5300 km Abstand die Venus, um dann mit Hilfe der Swing-by-Technik zum Merkur zu gelangen. Die bereits in

4.2. Das neue Gesicht des Merkur

Vor den Augen des Auswertestabes unter Leitung des Geologen B. C. Murray präsentierte sich im März 1974 erstmalig das wahre Gesicht des Götterboten. Bisher nicht bekannte, aber in gewisser Weise vertraute Landschaftselemente kamen zum Vorschein. Was man beim Mars nach dem Vorbeiflug von Mariner 4 voreilig geschlossen hatte, war hier ohne Zweifel gegeben: Merkur besitzt eine perfekte Ähnlichkeit mit dem Mond, was die geologische Beschaffenheit seiner Oberfläche betrifft.

Die Merkuroberfläche ist mit Kratern aller Größen übersät. Dieser Tatbestand kommt für die Planetenexperten nicht unerwartet, denn der atmosphärelose Merkur, der zwar größer als der Erdmond, aber kleiner als der Mars ist, konnte schwerlich Prozesse aufweisen, die die Astrobleme der Frühgeschichte verwischt hätten. Unsicherheit bestand nur darüber, wie dicht man sich die Bedeckung mit Einschlagskratern vorstellen sollte. Wenn das kosmische Bombardement entscheidend mit dem Asteroidengürtel verknüpft war, dann sollte der Merkur, der ja weiter von der Quelle der Geschosse entfernt ist als der Mars oder auch der Erdmond, entsprechend weniger Einschläge zeigen. Daß große Krater auf dem innersten Planeten überhaupt vorkommen, zeichnete sich wenige Monate vor der Mariner-10-Passage durch Radaruntersuchungen ab.

Die Merkurkrater zeigen eine verblüffende Ähnlichkeit mit denen des Mondes. Sie sehen genauso „frisch“ aus wie die des Mondes. An den Wällen der großen Krater sind — anders als beim Mars — keine Erosionsspuren zu erkennen. Es gibt zahlreiche scharfrandige Krater mit gut sichtbaren Auswurfdecken, mit Sekundärkratern und manchmal auch mit Strahlensystemen. Ebenso tauchen große flache Krater mit abgetragen ausschendenden Wällen und ebenen Böden ohne Zentralberg auf. Es gibt die terrassierten Wälle der Großkrater ebenso wie die überfluteten Böden mit mare-artigem Aussehen.

Die Analogie zum Mond geht aber noch weiter. Auf dem Merkur existieren größere, ziemlich glatte Flächen, die den Maria des Mondes entsprechen. Ob sie mit den dunklen Flecken zusammenfallen, die die Hermographie festgestellt hat, bleibt abzuwarten. Das Gegenstück dazu sind rauhe, zerklüftete und von Kratern dicht bedeckte Areale, die man mit der Terra des Erdmondes vergleichen muß.

Während die Merkurterra eine Kraterdichte aufweist, die vergleichbar mit den kontinentalen Gebieten des Mondes ist, besitzen die Merkurmeere anscheinend mehr Einschläge pro Flächeneinheit als die Maria des Erdmondes. Die Mare-Flächen des Merkur tragen aber ansonsten die gleichen Anzeichen eines vulkanischen Ursprungs wie die Mondmeere, z. B. die bekannten, wie Runzeln aussehenden Bergrücken.

Manche der Merkurmeere scheinen ähnlich wie das Mare Imbrium oder das Mare Serenitatis überflutete Becken alter Riesenkrater zu sein. Interessant ist ein 1300 km großes Becken, das durch seinen Mehrfachwall dem Mare Orientale des Mondes ähnelt. Wie die erste Auswertung zeigt, sind die Festländer und die Meere auf dem sonnennächsten Planeten ähnlich unsymmetrisch verteilt wie beim Mond. Damit setzt sich anscheinend die bei Erde, Erdmond und Mars beobachtete Asymmetrie in der Krustenbeschaffenheit auch beim Merkur fort und zeigt eine für erdähnliche Himmelskörper typische planetologische Gesetzmäßigkeit.

Die Analogie zum Mond hat natürlich auch gewisse Grenzen. Es gibt auf dem Merkur zumindest einige geologische Bildungen, die in dieser Form dem Erdbegleiter fehlen bzw. auf ihm selten sind. Die Eigenständigkeit, die Merkur dadurch wahr, ist allerdings ziemlich bescheiden, wenngleich man nicht ausschließen kann, daß die gründlichere Durchforschung des Bildmaterials noch weitere Besonderheiten zum Vorschein bringen wird. Bis jetzt gibt es mindestens zwei geologische Besonderheiten auf dem Merkur. Über Hunderte von Kilometern ziehen sich gewaltige Böschungen hin. Sie haben Höhen bis zu 3000 m, verlaufen meist nicht geradlinig und durchsetzen jede Art von Gelände, z. B. auch Krater. Die „Gerade Wand“, eine bekannte Verwerfung im Mare Nubium des Mondes, bietet kaum eine Analogie dazu. Die zweite Besonderheit ist ein Landschaftstyp, bei dem eine relativ glatte Oberfläche von zahlreichen niedrigen, scharfgratigen Hügeln durchsetzt wird. Hin und wieder vorkommende Täler von etwa 10 km Breite und über 100 km Länge scheinen gleichfalls für diesen Geländetyp charakteristisch zu sein.

4.3. „Merkurgeologie“

Die Merkuroberfläche läßt sich geologisch relativ leicht einordnen. Sie ist offensichtlich von den gleichen gestaltenden Kräften geformt worden wie die Mondoberfläche. Ebensovienig wie das Mondgestein ist das Gestein der Merkurkruste ursprüngliches Kondensat des Sonnennebels. Es ist mit Sicherheit durch eine Aufschmelzungsphase nach der Entstehung des Merkur magmatisch differenziert worden. Diese erste chemische und mineralogische Differenzierung und Krustenbildung ist — wie die zahlreichen Astrobleme zeigen — wie beim Mond zu einem Zeitpunkt erfolgt, zu dem der Accretionprozeß, durch den sich der Planet bildete, noch nicht beendet war und immer noch merkliche Mengen

von Planetesimals einschlugen. Man kann weiterhin folgern, daß der Merkur zuoberst gleichfalls von einem Regolith, einer Schicht von Trümmerprodukten des Krustenmaterials, bedeckt sein wird.

Der Prozeß der Bildung der Einschlagskrater ist prinzipiell der gleiche wie beim Erdtrabanten gewesen. Die größere Schwerebeschleunigung sorgte allerdings dafür, daß die Merkurkrater bei gleicher Ausdehnung flacher sind als die Mondkrater. Weiterhin sind die Flächen um jeden Krater, die mit Auswurfprodukten bedeckt sind, kleiner als beim Mond. Erste Anzeichen gibt es für eine größere Häufigkeit der Zentralberge auf dem Merkur.

Ähnlich wie der Mond hat Merkur offenbar nach der Bildung der Kruste und nach dem weitgehenden Abklingen des kosmischen Bombardements gleichfalls eine Phase erhöhter magmatischer Aktivität durchlaufen. Die Niederungen und Becken der ursprünglichen Kruste wurden nämlich ebenfalls mit ziemlich dünnflüssiger Lava überflutet. Dabei bildeten sich offenbar die Maria. Es scheint dabei jedoch Unterschiede auf beiden Himmelskörpern gegeben zu haben, denn die Merkurmeere sind keineswegs so glatt wie die typischen Maria des Mondes.

Die eigenartigen Böschungen erklären sich möglicherweise durch einen Schrumpfungsprozeß, den Merkur nach der Mare-Bildung erlitt und der dem Erdmond fehlte. Diese Kontraktionsphase könnte eventuell im unterschiedlichen inneren Aufbau des Merkur begründet sein. Nach dieser Vorstellung, deren Richtigkeit jedoch noch keineswegs garantiert ist, wären die Böschungen Verwerfungen, die durch starke Kompressionsspannungen in der Kruste entstanden.

Nach der Mare-Bildung bzw. nach der Schrumpfung (wenn eine solche überhaupt stattgefunden hat) ebte die Krustenaktivität wie beim-Mond ab. Heute ist der Merkur, was Krustendynamik und Magnetismus betrifft, ein toter Himmelskörper wie der Mond. Anzeichen für Plattenbewegungen und für rezenten Vulkanismus fehlen.

Merkur kann weiterhin nie eine nennenswerte Atmosphäre besessen haben. Nichts deutet auf Erosion und Materialtransport durch Wasser oder Wind hin. Die Bildung von Sedimentgestein unterblieb.

Allerdings dürfte geschichteter Regolith durch Einschläge häufig zu Breccien verbacken worden sein, die durch den Transportprozeß ihres Materials und die petrographische Beschaffenheit manches mit bestimmten Sedimentgesteinen der Erde gemeinsam haben.

Trotzdem Merkur größenmäßig genau zwischen Erdmond und Mars steht, ist er geologisch ungleich mehr dem ersteren verwandt. Ursächlich hängt das mit der fehlenden Atmosphäre und der geringen Krustenaktivität zusammen. Die nunmehr möglich gewordene Einordnung des Merkur in die planetologische Sequenz der erdähnlichen Himmelskörper bereichert die Planetenwissenschaft um wichtige Erkenntnisse. Die langlebige Aktivität der Kruste eines erdähnlichen Himmelskörpers — Tektonik wie Vulkanismus — tritt offensichtlich erst dann in Erscheinung, wenn die Masse die des Merkur übersteigt.

Mit dem Vulkanismus hängt natürlich eng das Problem der Bildung einer Atmosphäre zusammen. Wie schnell sich aus dem Planetenkörper freigesetztes Gas in den Weltraum verflüchtigen kann, hängt neben der Oberflächentemperatur von der Schwerebeschleunigung an der Planetenoberfläche ab.

Die Lebenszeit einer Atmosphäre — und damit die Wirksamkeit exogener geologischer Faktoren — hängt somit gleichfalls entscheidend von der Planetenmasse ab. Auch in dieser Frage hat uns Merkur eine neue untere Grenze geliefert.

5. Anfänge einer „Merkurphysik“

5.1. Das Atmosphärenproblem

In den bisherigen Darlegungen wurde Merkur als atmosphäreloser Himmelskörper geschildert. Streng genommen läßt sich aber nur sagen, daß eine eventuell vorhandene Gashülle so dünn ist, daß sie keine geologischen Wirkungen hervorruft bzw. daß keine meteorologischen Erscheinungen auftreten. Mit den Maßstäben des physikalisch bzw. geophysikalisch denkenden Forschers gemessen, kann eine Atmosphäre durchaus vorhanden sein.

Die mit modernen radioastronomischen und Infrarot-Meßmethoden ermittelten Temperaturen für die Tagseite des Merkur liegen bei rund 600 K. Dieser Wert, den übrigens E. Pettit und S. B. Nicholson 1923 erstmalig mit einem Thermoelement im Fokus des 100-Zöllers von Mount Wilson bestimmten, ist jedoch nur ein Mittelwert, denn die Temperatur hängt natürlich vom Abstand des Planeten von der Sonne ab und schwankt zwischen Perihel und Aphel um fast 100 K. Nach den neuesten Messungen von Mariner 10 schwankt die Mittagstemperatur zwischen 570 und 700 K. Auf dem sonnennächsten Planeten herrschen also Temperaturen, bei denen Blei und Zinn schmelzen würden! Bei derartigen Temperaturen verflüchtigen sich leichte Gase sehr schnell in den Weltraum, zumal die Schwerebeschleunigung nur 37 Prozent der irdischen beträgt. Nur schwere Gase, z. B. CO₂ und die schweren Edelgase Krypton und Xenon haben Chancen, über längere Zeiträume hinweg eine Art dünner Atmo-

sphäre aufrechtzuerhalten. Als Faustregel kann man annehmen, daß nur Gase, deren mittlere Molekülgeschwindigkeit 20 Prozent der Entweichgeschwindigkeit des Merkur, die bei 4 km/s liegt, nicht überschreitet, als Atmosphärenbestandteile in Frage kommen. Die mittlere Geschwindigkeit der Gasmoleküle oder -atome läßt sich nach der kinetischen Gastheorie aus der Temperatur und dem Molekulargewicht berechnen.

Bis in die jüngste Zeit waren die Meinungen, ob Merkur eine dünne Gashölle besitzt oder nicht, sehr geteilt. Vor einigen Jahrzehnten wurden noch Verschleierungen der Merkurscheibe, die verschiedene Beobachter gesehen haben wollten, ins Feld geführt, um die Existenz einer Merkuratmosphäre zu beweisen. Dem gleichen Zweck dienten Hinweise auf Aureolen um die Planetenscheibe, die bei Merkurdurchgängen angeblich beobachtet wurden. An der Realität dieser Erscheinungen wurden aber stets begründete Zweifel geäußert, so daß derartige Argumente nur wenige Planetenforscher überzeugten.

Zugunsten einer Merkuratmosphäre wurden aber auch spektroskopische und polarimetrische Befunde ins Feld geführt. Geringe Unterschiede der Polarisierung im Grünen und im Roten führte man beispielsweise auf die Streuung von Licht an den Molekülen der Merkuratmosphäre zurück. Im Jahre 1963 glaubte der sowjetische Astronom W. Moros im Infraroten Banden des CO₂ nachgewiesen zu haben, aus denen er einen Bodendruck der Merkuratmosphäre von knapp 2 Millibar ableitete. Aber weder die Polarisationsmessungen noch die Infrarotspektroskopie konnten die Existenz einer Merkuratmosphäre schlüssig beweisen. Wegen der zahlreichen Fehlerquellen waren die quantitativen Abschätzungen stets der fachlichen Kritik ausgesetzt. Es verdichteten sich aber die Vermutungen, daß Merkur eine dünne Gashölle besitzt.

Die Verfolgung der Radiosignale von Mariner 10 bei der Bedeckung durch den Planeten erlaubte die Festlegung ziemlich sicherer oberer Grenzen. Danach sollte der Druck der Merkuratmosphäre unter 10⁻² Millibar liegen und die Elektronenkonzentration in der zugehörigen Ionosphäre kleiner als 100 cm⁻³ sein. Mit dem UV-Spektrometer der Sonde konnten eindeutig Spuren von Helium nachgewiesen werden, das wahrscheinlich aus dem Zerfall radioaktiver Elemente im Merkurgestein stammt.

Die Beobachtung eines Nachthimmelleuchtens mit dem UV-Spektrometer, aus dem auf die Existenz von Neon in der Merkuratmosphäre geschlossen wurde, bestätigt weiterhin die Existenz einer Atmosphäre. Sie dürfte allerdings extrem dünn sein und ihr Druck sollte 10⁻⁸ Millibar nicht überschreiten.

Fest steht jedenfalls, daß in der Nähe der Merkuroberfläche wesentlich mehr Gas vorhanden ist als auf dem Erdmond. Dieses Gas scheint jedoch nie eine solche Dichte erreicht zu haben, wie sie auf dem Mars vorliegt.

5.2. Der innere Aufbau des Merkur

Die optischen Eigenschaften des Oberflächenmaterials auf dem Merkur weisen große Ähnlichkeit mit denen des Mondgesteins bzw. -regoliths auf. Polarisationsverhalten, Farbe und Albedo stimmen gut überein, d. h. Merkur ist von ähnlich dunklem Gestein wie der Erdmond bedeckt. Jüngste Untersuchungen der spektralen Abhängigkeit des Reflexionsvermögens bis ins nahe Infrarot haben unterstrichen, daß eine außerordentlich große Ähnlichkeit zwischen den Oberflächengesteinen beider Himmelskörper bestehen muß. Sogar die auf die Anwesenheit von zweiwertigem Eisen (das beim Mondgestein vor allem in den Pyroxenen gebunden ist) hinweisende Bande bei 1 µm Wellenlänge ist im Reflexionsspektrum des Merkur angedeutet. Damit und auch durch die geologische Interpretation der Merkurbilder dürfte sicher sein, daß die Merkurkruste aus basischem Silikatgestein besteht, dessen mittlere Dichte bei rund 3 g/cm³ erwartet werden kann.

Interessant ist jetzt die Frage, was sich unter dieser Silikatkruste verbirgt. Im Gegensatz zum Begleiter der Erde hat Merkur eine sehr hohe mittlere Dichte, die nach den neuesten Daten bei 5,44 g/cm³ liegt. Der Planet kann also keineswegs nur aus Silikaten bestehen, sondern muß einen schweren Kern besitzen. In Analogie zur Erde denkt man natürlich an einen hauptsächlich aus Eisen aufgebauten metallischen Kern. Die gute Übereinstimmung zwischen den Dichtewerten von Erde und Merkur besagt aber noch nicht, daß auch das Innere des Merkur gleiche Proportionen wie das der Erde aufweisen müßte. Während nämlich das Material im Erdkern durch den gewaltigen Druck auf Dichten zwischen 10 und 20 g/cm³ komprimiert wird, unterbleibt bei den wesentlich geringeren Druckwerten im Innern des 20mal masseärmeren Merkur diese Dichtezunahme weitgehend, so daß die Dichte im Zentrum des Planeten nur wenig über der normalen „Niederdruckdichte“ des betreffenden Materials liegt. Man kann daher mit der gewöhnlichen Dichte z. B. von Eisen rechnen. Danach muß der metallische Kern rund die Hälfte des Merkurvolumens einnehmen; ein darüberliegender Silikatmantel kann höchstens 500 km dick sein.

Es gibt inzwischen auch eine starke Stütze der Vorstellung von einem Metallkern des sonnennächsten Planeten. Nach den Messungen von Mariner 10 besitzt Merkur ein verhältnismäßig starkes Magnet-

feld, das anscheinend wie das der Erde Dipolstruktur aufweist. An der Oberfläche sollte seine Feldstärke ungefähr 200 Gamma betragen, d. h. etwa 1/150 des Wertes, den die Feldstärke des irdischen Magnetfeldes am Äquator hat. Nach der klassischen Theorie über das Zustandekommen eines planetarischen Magnetfeldes sind Strömungsvorgänge im elektrisch leitenden Kern des Planeten die Ursache.

Die Feststellung eines Magnetfeldes beim Merkur ist auch in der Hinsicht bedeutsam, daß ein weiterer Planet zur Verfügung steht, um die komplizierten Wechselwirkungsprozesse zwischen Sonnenwindplasma bzw. solarer Korpuskularstrahlung und planetarischem Magnetfeld zu studieren. Außer der gigantischen Magnetosphäre des Jupiter, deren Aktivität die der irdischen um Größenordnungen übertrifft, weist also auch Merkur eine relativ ausgedehnte Magnetosphäre mit einem schwachen Magnetfeld auf, das aber immerhin noch wesentlich stärker als das des Mars ist. Durch den Vergleich der Meßergebnisse aus den verschiedenen Magnetosphären wird nicht nur das Verständnis für die physikalischen Vorgänge in der Umgebung von Planeten vertieft, sondern es wird auch ein Kapitel der allgemeinen Planetenphysik, der „kosmischen“ Erweiterung der Geophysik, grundgelegt.

Kosmische Strahlungsuntersuchungen mit SALUT 1

Dr. W. D. FROMM

z. Z. Vereinigtes Institut für Kernforschung Dubna/Moskau

Mit der ersten Orbitalstation SALUT 1 wurde eine neue Etappe in der Erforschung der Eigenschaften des Kosmos wie auch erdbezogener Forschungen zum Nutzen der Volkswirtschaft eingeleitet. Im folgenden Beitrag soll speziell der astrophysikalische Gerätekomplex an Bord der Station beschrieben werden [1]. Aus diesem System von Geräten werden 3 Experimente zur Untersuchung der Kosmischen Strahlung und ihrer Wirkungen erläutert. Das in diesem Beitrag nicht eingeschlossene astrophysikalische Observatorium ORION ist bereits an anderer Stelle dargestellt worden [2, 3].

1. Vorteile der Erforschung der Kosmischen Strahlung durch Raumflugkörper

Wie bekannt ist unsere Atmosphäre nur für wenige Wellenlängen der aus dem Weltraum einfallenden Strahlungen durchlässig, für einfallende Teilchen stellt sie eine Absorptionsschicht mit einer äquivalenten Dicke von 10 m Wasser dar. Dadurch wird der an der Erdoberfläche beobachtbare Teilchenstrom im Zusammenwirken mit der Magnetosphäre in außerordentlich starkem Maße abgeschwächt — ein Fakt, der für die Entstehung und Entwicklung des Lebens auf unserem Planeten Voraussetzung war, die Ergründung der Eigenschaften der betroffenen Strahlungen aber sehr erschwert. Seit über 60 Jahren ist die Beobachtungstatsache bekannt, daß infolgedessen die Intensität der Kosmischen Strahlung mit der Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel zunimmt. Nach Messungen von Bergspitzen aus ist man vor etwa 15 Jahren zum Routineeinsatz von Höhenballonen übergegangen, die Detektornutzlasten in Höhen von 25 bis 30 km tragen, was einer äquivalenten Absorberdicke von nur noch 10 bis 15 g/cm² entspricht. In den letzten Jahren ist man dank des Einsatzes von Stratosphärenballonen bis in Höhen von 40 km vorgestoßen, in denen die Dicke der verbleibenden Atmosphärenschichten nur noch 2,5 g/cm² beträgt. Die schlechte Handhabbarkeit der Ballonnutzlasten, ihre ungenau kontrollierbare Höhe und die schwierige Bergung lassen diese Art von Experimenten nicht als zukünftssicher erscheinen. Auch der Einsatz von Höhenraketen ist wegen der kurzen Verweildauer der Meßsonde in den interessierenden Höhen kein aussichtsreicher Weg.

Mit den ersten künstlichen Satelliten ergaben sich qualitativ neue Möglichkeiten der Untersuchung der Kosmischen Strahlung ohne störende Absorptionsschichten mit der Wahlmöglichkeit der Bahn

innerhalb oder außerhalb des Einflußgebietes der Magnetosphäre. Die zunächst vergleichsweise einfachen Apparaturen geringer Größe und minimalen Leistungsbedarfes sind an Bord unstabiler Satelliten zumeist für reine Zählexperimente mitgeführt worden. Ein wichtiges, unerwartetes Ergebnis war die Entdeckung der Strahlungsgürtel, die durch Wechselwirkung schneller geladener Teilchen und der Magnetosphäre entstehen. Durch die im Rahmen der technischen Entwicklung möglichen größeren Nutzlasten und die Stabilisierung der Flugkörper wurde es möglich, kompliziertere Experimente in Satelliten zu integrieren und beispielsweise die ersten Schritte hin zu einer Röntgen- und γ -Strahlenastronomie zu gehen. Trotz vieler erbrachter interessanter Resultate, wie z. B. der Entdeckung von relativistischen Atomkernen in der Primärkomponente der Kosmischen Strahlung (PKS), der Messung von Teilchenverteilungen bei kleinen Energien und der zeitlichen Variation ihrer Intensität, haben auch diese Satelliten nicht alle der in sie gesetzten Hoffnungen erfüllt. Es muß eingeschätzt werden, daß in den 60er Jahren die Hauptdatensammlung über die Kosmische Strahlung mit Ballonen erfolgte.

Ein entscheidender Wandel zeichnet sich nunmehr mit dem Einsatz von Raumstationen ab, die in der Lage sind, Apparaturen aufzunehmen, die infolge ihres Umfanges und ihrer Komplexität die (wenigstens zeitweilige) Betreuung durch einen Kosmonauten-Wissenschaftler als vorteilhaft erscheinen lassen. Verbunden mit der langen Einsatzdauer der Raumstation wird so hohe Sicherheit, Flexibilität und Anpaßbarkeit der Apparatur an sich verändernde Zielstellungen gewährleistet. An Bord von Salut 1 ist mit einigen Experimenten auf diesem Weg Pionierarbeit geleistet worden. Um so tragischer berührt es, daß der Unglücksfall der Kosmonauten Volkow, Dobrowolski und Pazajew es ihnen nicht mehr erlaubte, an der Endauswertung des gesammelten Materials mitzuwirken.

2. Experimente an Bord von SALUT 1

2.1. Fotoemulsionspaket zur Registrierung der Kernkomponente der Kosmischen Strahlung

Die Erforschung der schweren Komponente der kosmischen Teilchenstrahlung ist das Fundament für die Überprüfung von Theorien ihrer Entstehung. Obwohl die schweren Kerne (Kernladungszahl $Z > 4$) nur 1 % der Gesamtteilchenzahl ausmachen, beträgt ihr Massenanteil schon 11 %, ihre anteilige Energiefreisetzung sogar 40 %. Eine genaue Kenntnis der chemischen und Isotopenzusammensetzung ließe detaillierte Rückschlüsse auf die räumliche Lage ihrer Quellen, der Erzeugungs- und Ausbreitungsmechanismen dieser Partikelstrahlung zu. Folgende Hauptprobleme sind noch zu lösen:

- Genaue Untersuchung der Ladungszusammensetzung außerhalb der Erdatmosphäre (Satelliten, Raumstationen) und außerhalb der Erdmagnetosphäre (interplanetare Stationen). Hauptakzent liegt auf Kernladungen jenseits der Eisen-Gruppe ($Z > 26$), da gerade bei diesen Bestandteilen selektive Aussagen über die Natur der Quellen möglich werden. Es liegen hier bisher nur sehr gegensätzliche Angaben vor.
- Suche nach Transuran- und Uranbestandteilen ($Z \geq 92$). Die erhaltenen Resultate könnten die räumliche Verteilung der Quellen präzisieren und Fragen von grundlegendem physikalischem Interesse (Existenz superschwerer Kerne) klären.
- Suche nach Antikernen zur Überprüfung der kosmischen Symmetrie Teilchen-Antiteilchen.
- Suche nach magnetischen Monopolen. Obwohl von verschiedenen Theorien postuliert, liegen magnetische Ladungen im Gegensatz zu elektrischen, wo die Punktladung existiert, immer als Dipole vor. Man hat die Hoffnung, im Kosmos freie magnetische Ladungen zu finden.
- Koordinierte Messung von Ladungs- und Energiespektren bei kleinen Impulsen. Aus dem „Abschneiden“ der Spektren bei kleinen Energien können Aussagen über den Ausbreitungsmechanismus abgeleitet werden.

Das Herangehen an solche fundamentalen Probleme mit Hilfe der experimentellen Vorteile, die die Raumstation bietet, ist sehr erfolgversprechend. Gerade für die äußerst seltenen hohen Kernladungen ist die von Stationen gewährleistete lange Expositionsdauer und die mögliche große Detektorfläche ein ausschlaggebender Faktor. Obwohl auch früher schon Fotoemulsionspakete z. B. mit SOJUS 5, KOSMOS 213 und Sonde 5, 7, 8 eingesetzt wurden, ist der überwiegende Beitrag zum statistischen Gesamtmaterial durch die 2,5monatige Exposition (1728 Stunden!) an Bord von SALUT 1 beigebracht worden.

Die verwendete Fotoemulsionskammer vom Typ ФЭК-7 vereint in einem Arbeitsvolumen von 1,4 l geringempfindliche Fotoemulsionsschichten von je 200 μm Dicke mit Plastikfoliendetektoren. Die gewählte Schichtdicke gewährleistet eine gute Abtrennbarkeit von langsamen Teilchen mit hoher Ionisationsdichte von den gesuchten Spuren mit hohem Z . Die mit den Plastikdetektoren gewonnenen Ergebnisse lassen einen Einsatz dieser Schichten als Dosiskontrollenindikatoren an Bord von Raum-

stationen dank ihrer Schwellencharakteristik (Unempfindlichkeit für kleine Z) geboten erscheinen. Für statistisch belegbare Aussagen über die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Bestandteile bis hin zu schwersten Kernen ($Z > 92$) muß die Datensammlung fortgesetzt werden.

2.2. Messung der kosmischen γ -Strahlung

Die volle Aufklärung von Natur und Eigenschaften der verschiedenen kosmischen Objekte kann nur durch die Erforschung aller Bereiche ihrer Strahlungen erreicht werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die kurzwelligste Komponente des ausgesandten elektromagnetischen Strahlungsspektrums, die γ -Strahlung — eine der Röntgenstrahlung verwandte, aber härtere, durchdringendere Strahlung.

Kosmische γ -Strahlung ist nur außerhalb unserer Erdatmosphäre beobachtbar, innerhalb des uns umgebenden Materiebereiches wird sie nicht nur abgeschwächt, sondern vor allem durch die bei Wechselwirkung der höchstenergetischen kosmischen Teilchen entstehenden Sekundärstrahlungen völlig überdeckt. Die bisherigen Experimente zur Untersuchung der kosmischen γ -Strahlung lassen sich mit den folgenden Merkmalen charakterisieren: Durch die ungenaue Orientierung der Satelliten und den teilweise starren Einbau der Sensoren erfolgte meist eine passive Registrierung der aus dem mehr oder weniger zufällig überstrichenen Himmelsabschnitt einfallenden Strahlung. Die gefundenen Intensitätsmaxima waren daher nur schwer lokalisierbar. Die häufig aus Szintillator-Čerenkovdetektor bestehende Zählerkombination hatte eine große Instrumentenöffnung ($\sim 20^\circ - 30^\circ$) und konnte vielfach nur den Fakt des Teilchendurchgangs registrieren, die Energie bestenfalls mit sehr großer Unschärfe feststellen. Trotz aller dieser Unvollkommenheiten wurden aber schon mit diesen einfachen Apparaturen zahlreiche aufsehenerregende Entdeckungen gemacht.

Die durch den Einsatz von Raumstationen qualitativ verbesserten Möglichkeiten spiegeln sich in einer zielgerichteten und systematischen Erforschung diskreter γ -Strahlungsquellen wider, aktiv gesteuert und überwacht von Kosmoswissenschaftlern. Man geht hierbei auf sowjetischer Seite davon aus, daß ein von Menschen bedientes Gerät einen höheren Informationsfluß liefern kann als das gleiche, im unbemannten Satelliten eingesetzte Gerät. Die Möglichkeit des Arbeitsregimewechsels auf Empfehlung der Erdoberfläche oder aufgrund operativer Entscheidungen der Besatzung erlaubt u. a. die korrelierte Untersuchung verschiedener Teilchenarten wie z. B. von Elektronen, Protonen und γ -Quanten. Ferner wird der Mensch im Zyklus Kontrolle — Fehlersuche — Reparatur für bisher nicht ersetzbar gehalten.

Aufbauend auf dieser Konzeption wurde in SALUT 1 das γ -Teleskop AHHA III eingesetzt, das aus Szintillationsdetektoren, Čerenkovzählern und Funkenkammern besteht. In Abb. 1 ist die Apparatur schematisch dargestellt. Szintillationszähler (S) registrieren den Durchgang geladener Teilchen durch den ausgesandten Lichtblitz, der Čerenkovzähler registriert dann eine Lichtfront, die sich analog zu einem Überschallkegel ausbreitet, wenn ein Teilchen mit einer höheren Geschwindigkeit als der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes im Detektormedium einfällt. Dadurch kann der Čerenkovzähler als richtungsdefinierendes Element eingesetzt werden.

Die Funkenkammer (F) ist ein Detektorsystem, das die Bahn des durchfliegenden Teilchens über einen Funkendurchschlag längs der ionisierten Bahnspur nach Anlegen eines Hochspannungsimpulses anzeigt. Die Funkenkammer bietet den Vorteil, trotz hoher Lichtstärke eine präzise Winkelinformation zu liefern. Der hier verwendete Typ hat eine Oberfläche von 90 cm^2 und eine Winkelschärfe von etwa 1° (FK 1). Die Funkenkammer FK 2 ist mit 4 Zwischenebenen ausgerüstet, die zur raschen Vermehrung von Elektron-Positron-Paaren mit einem Konvertermaterial (Blei) belegt sind. Die Anzahl der Teilchen im so entstehenden Elektronenschauer ist ein Maß für die Energie des eingefallenen Primärteilchens. Das Funkenkammerteleskop ist nicht ständig aufnahmebereit, es wird durch Anlegen eines $1 \mu\text{s}$ langen 25 kV Impulses, den der Impulsgenerator IG liefert, sensibilisiert. Da das immer nur dann erfolgen soll, wenn ein interessierendes Teilchen die Apparatur durchflogen hat, wird aus den Signalen der übrigen Detektoren über Koinzidenzschaltungen die Auslösebedingung für die Funkenkammer geformt. Zunächst müssen die Szintillatoren S3 und S4 die Teilchen nachweisen, die aus der Wirkung eines hochenergetischen γ -Quants im über den Szintillatoren liegenden Konverter (Blei, Wirkungsgrad 20 %) stammen. Wenn der Teilchendurchgang von oben nach unten erfolgt, gibt auch der Čerenkovdetektor Č ein Signal ab und die Koinzidenzschaltung KO2 spricht an. Wenn es sich beim einfliegenden Teilchen um ein ungeladenes γ -Quant gehandelt hat, dürfen die Szintillatoren S1 und S2 nicht ansprechen; in diesem Falle gibt auch KO1 ein Signal ab, das zur Auslösung von Impulsgenerator und Stereokamera führt, die über das links in der Abb. 1 angedeutete Spiegelsystem die Funkenkammern aufnimmt. Durch Umkehrung der Bedeutung von KO1 können auch einfallende geladene Teilchen vermessen werden, die an Häufigkeit die γ -Komponente etwa 10000fach übertreffen. Die saubere Trennung dieser „Untergrundstrahlung“ von den seltenen γ -Ereignissen wurde an irdischen Teilchenbeschleunigern getestet und zu besser als 10^{-4} erwiesen. Die vorgesehene Abb. 2 entspricht der

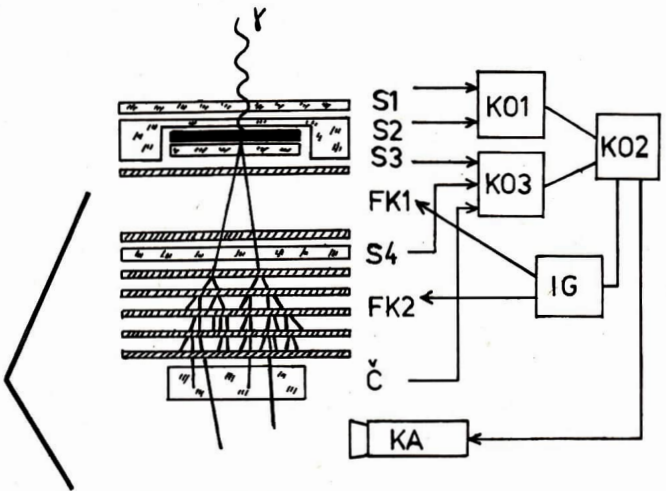
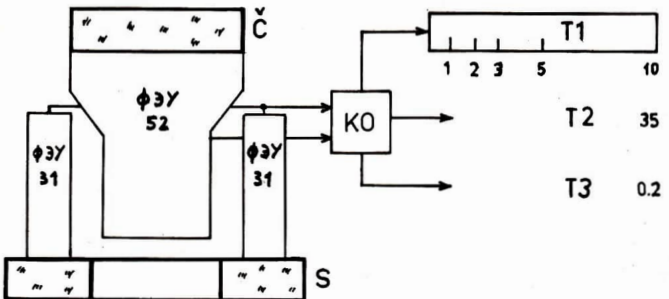


Abb. 1: Schema des Teleskopes AHA III. Der Durchgang eines γ -Quants durch das Gerät ist eingezeichnet. Erklärung der Kurzbezeichnungen der Komponenten im Text.

Abb. 3: Schema des Teilchenspektrometers. Es sind die drei Verzögerungsleitungen T1, T2 und T3 mit den jeweils erfassbaren Zeitbereichen in μsec angedeutet.



in Heft 6/74, S. 184, gezeigten Abb. 5, oben. (Sie zeigt eine Gesamtansicht des Teleskopes, das bei Abmessungen von $60 \times 40 \times 45 \text{ cm}^3$ und einer Masse von 45 kg einen Leistungsbedarf von nur 14 W hat. Es wurde für etwa 20 Stunden unter verschiedenen Orientierungen der Station betrieben; in der Hauptsache, um seine Arbeitsfähigkeit zu erproben. Der Fluß geladener und neutraler Teilchen innerhalb und außerhalb der Raumstation wurde bestimmt. Die Filmkassette, die beiden Objektive und der erste Abbildungspegel sind ebenso wie die Verkabelung und die Bedienungselemente zu erkennen.)

2.3. Bestimmung des Flusses geladener Teilchen in Bahnhöhe

Eine der ersten wissenschaftlichen Neuentdeckungen des Raumfahrtzeitalters war die Existenz der Strahlungsgürtel, in denen die aus der Wechselwirkung solarer und kosmischer Teilchen entstehenden Partikelströme durch die Wirkung des Erdmagnetfeldes eingeschlossen sind. In diesen Gebieten treten so hohe Teilchenintensitäten auf, deren schädigende Wirkungen auf Mensch und Material es erforderlich machen, Raumstationen und Raumschiffe auf Bahnen unterhalb dieser Strahlungsfelder verkehren zu lassen. Diese Räume sind aber durchaus nicht frei von Teilchen, auch in ihnen treten schnelle geladene Teilchen auf, deren Zusammensetzung (Anteil p , e^+ , e^-), Bewegungsrichtung und zeitliche Variation verhältnismäßig schlecht bekannt sind. Das an Bord von SALUT 1 installierte Experiment hatte die Aufgabe, Zusammensetzung und räumliche Verteilung geladener Teilchen in Höhen von 200 bis 300 km zu untersuchen. Wert wurde besonders auf die Registrierung der Teilchenintensität als Funktion der geografischen Breite und der Zeit gelegt.

Das in Abb. 3 skizzierte Gerät besteht aus einem ringförmigen Szintillator S, der von zwei Fotoelektronenvervielfachern des Typs $\Phi\Xi\Upsilon 31$ gesehen wird, und einem großen Čerenkovzähler, dem ein $\Phi\Xi\Upsilon 52$ nachgeschaltet ist (siehe Abb. 4, entspricht der in Heft 6/74, S. 184, gezeigten Abb. 6, unten links. In der Mitte der große Čerenkovdetektor mit seinem Fotovervielfacher, links und rechts die beiden Fotovervielfacher, die zum ringförmigen Szintillator gehören). Die Einsatzschwellen dieses Detektors lagen bei den Energien 8 MeV für Elektronen und 400 MeV für Protonen. Mit dem Gerät wurden während des Fluges von SALUT 1 etwa 60 Messungen durchgeführt, nach denen in einem Gebiet in der Nähe des geomagnetischen Äquators im Mittel 530 ± 90 Teilchen pro $\text{m}^2 \text{ sec steradian}$ oberhalb dieser Schwellen gefunden wurden. Es wurde ferner die Hypothese geprüft, nach der Elektronen im Energiebereich 300 bis 600 MeV in Gruppen auftreten sollen. Zu diesem Zwecke wurde eine zeitliche Analyse aufeinanderfolgender Ereignisse mittels verschiedener verzögerter Koinzidenzen bis zu einer oberen Zeitgrenze von 20 μsec durchgeführt. Die Zahl korrelierter Ereignisse erwies sich mit $5 \cdot 10^{-3}$ von der Gesamtzahl aller Ereignisse als sehr klein, ihre Genauigkeit reicht aber noch nicht aus, um die Hypothese völlig zu widerlegen.

Literatur:

- [1] Autorenkollektiv, САЛЮТ НА ОРБИТЕ. Verlag Mashinostrojenie, Moskau 1973.
- [2] H. D. Naumann, Wissenschaft und Fortschritt, Heft 4, 1972, S. 192.
- [3] G. Gursadjan, Astronomie und Raumfahrt, Heft 3, 1974, S. 92.

Einige Ergebnisse der extraterrestrischen Astrophysik

Nach einem Vortrag bei der Zentralen Tagung des Fachausschusses Astronomie des Kulturbundes der DDR am 27. Oktober 1974 in Magdeburg.

Dr. K.-H. SCHMIDT

Die spektakulären Resultate, die durch unmittelbare und mittelbare Untersuchungen der Objekte im Planetensystem erhalten wurden, drängen die in anderen Bereichen der Astrophysik gewonnenen Ergebnisse zurück. Dabei wurden im Laufe der letzten Jahre einige Erkenntnisse gewonnen, die außerordentlich weittragend sind. Es ist unmöglich, die breite Palette der vorliegenden Ergebnisse auf engem Raum darzustellen. Daher werden hier stellvertretend für alle, lediglich zwei Gruppen herausgestellt, nämlich: 1. Die chemische Zusammensetzung des interstellaren Mediums, 2. Die Röntgenquellen.

1. Die chemische Zusammensetzung des interstellaren Mediums

Die Beobachtungen von der Erdoberfläche aus sind durch die wellenlängenabhängige Durchlässigkeit der Erdatmosphäre beschränkt, so daß bis vor wenigen Jahren lediglich im optischen Bereich und im Radiowellengebiet Beobachtungen vorgenommen werden konnten. Theoretische Überlegungen führten schon zeitig zu der Erkenntnis, daß aus der Messung des Ultraviolettcontinuuums und der in diesem Wellenlängenbereich auftretenden Linien wertvolle Erkenntnisse sowohl über den Aufbau der Sternatmosphären als auch über die chemische Zusammensetzung des interstellaren Gases und die Natur des interstellaren Staubes gezogen werden können. Nachdem bereits vor mehr als 20 Jahren bei Raketenanstiegen das Ultravioletspektrum der Sonne erforscht wurde, ist vor allem durch die sowjetische Sonde Sojus 13 und die amerikanischen Satelliten OAO-2 und OAO-3 (Copernicus) ein wesentlicher Schritt vorangetan worden, da alle 3 Raumfahrzeuge mit Geräten zur Ultraviolett-spektroskopie ausgerüstet waren.

Durch Raketenanstiege und verbessert durch Satellitenbeobachtungen wurde die Wellenlängen-abhängigkeit der interstellaren Extinktion, die durch den interstellaren Staub verursacht wird, ermittelt. Auffallend ist ein Maximum der Extinktion bei etwa 2200 Å, dessen Intensität relativ zu den umgebenden Wellenlängen von Stern zu Stern variiert. Dieses Maximum ist vermutlich auf Graphitteilchen zurückzuführen. Die unterschiedliche Intensität des Maximums bedeutet offensichtlich einen in der Richtung verschiedenen Anteil des Graphits an der Gesamtheit des interstellaren Staubes.

Durch neuere Messungen, die noch weiter ins Ultraviolettgebiet hineingehen, wurde ein weiteres Extinktionsmaximum bei 1200 Å festgestellt. Unabhängig von diesen beiden Maxima nimmt im Gegensatz zu ursprünglichen theoretischen Erwartungen die Staubextinktion mit abnehmender Wellenlänge stark zu. Auf die theoretische Deutung dieser interstellaren Extinktionskurve werden wir noch zurückkommen.

Es ist bereits seit langem bekannt, daß der Wasserstoff der Hauptbestandteil des interstellaren Gases ist. Vor dem Beginn radioastronomischer Beobachtungen konnte der Wasserstoff im optischen Be-

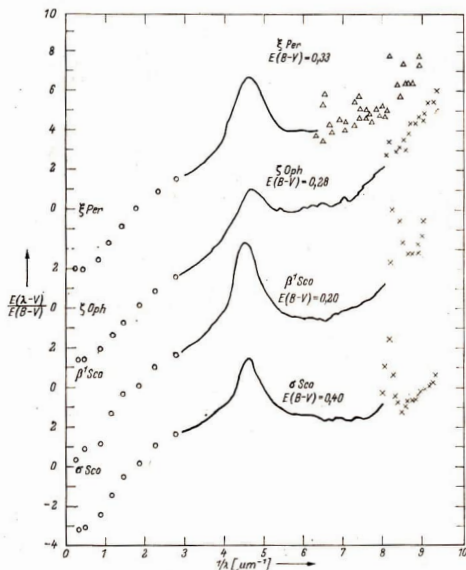


Abb. 1:
Wellenlängenabhängigkeit
der interstellaren Extinktion
nach Messungen mit
OAO-2, normalisiert auf
 $E(B-V) = 1 \text{ mag.}$
(Nach Bless und Savage).

reich nur durch die Balmer-Serie in HII-Gebieten nachgewiesen werden, wobei diese Linien in Emission beobachtet wurden. Ein wesentlicher Schritt voran war 1951 die Entdeckung der etwa 6 Jahre zuvor vorausgesagten 21-cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. Durch die Beobachtung dieser Linie war es möglich, die großräumige Struktur unseres Sternsystems zu erfassen, da die interstellare Extinktion bei derartig großen Wellenlängen nicht mehr wirksam ist. Darüberhinaus konnte die Temperatur der HI-Gebiete zu etwa 100 K bestimmt werden. Durch die nun möglich gewordenen Beobachtungen im Ultraviolettbereich gelang es, die Lyman- α -Linie bei 1216 Å in Absorption in den Spektren von Sternen früher Spektraltypen zu beobachten und ihre Intensität abzuleiten. Aus der Linienintensität dieser Linie kann die Anzahl der Wasserstoffatome im Grundzustand längs der Sichtlinie bis zu dem betreffenden Stern, in dessen Spektrum die Linie beobachtet wird, ermittelt werden. Es bietet sich ein Vergleich der so erhaltenen Wasserstoffdichte mit den durch die 21-cm-Beobachtungen gewonnenen Werten an. Der Vergleich zeigt jedoch, daß die Korrelation zwischen den nach den verschiedenen Methoden ermittelten Dichten relativ schlecht ist. Eine der Ursachen für diese mangelnde Übereinstimmung besteht darin, daß die Dichten aus der Lyman- α -Linie mit den Entfernungen der betreffenden Sterne ermittelt werden, bei den Dichten aus der 21-cm-Linie hingegen die Radialgeschwindigkeiten der Linie ein Maß für die Entfernung sind. Dabei gehen entscheidende Annahmen über die Massenverteilung in unserem Milchstraßensystem ein. Man kann also indirekt aus der mangelnden Übereinstimmung der nach verschiedenen Methoden ermittelten Wasserstoffdichten im interstellaren Medium auf eine notwendige Korrektur der Modelle unseres Sternsystems schließen.

Ein anderes Problem, das jahrelang zu heftigen Debatten geführt hatte, ist die Existenz und die Häufigkeit des molekularen Wasserstoffs im interstellaren Gas. Bei einer Reihe von Sternen frühen Spektraltyps konnte die Intensität der Absorptionslinien, die auf diese Wasserstoffform zurückzuführen sind, bestimmt werden. Es zeigte sich, daß der Anteil des Wasserstoffs von der vorhandenen Staubmenge abhängig ist. Bei Sternen mit einer Extinktion von etwa einer Größenklasse beträgt der Anteil des molekularen Wasserstoffs am Gesamtwasserstoff rund 50 Prozent. Bei geringerer Staubkonzentration ist der Anteil des Wasserstoffmoleküls entsprechend geringer. Die enge Beziehung zwischen Dichte des molekularen Wasserstoffs und Staubextinktion kann als Hinweis dafür gelten, daß die Moleküle an den Stauboberflächen gebildet werden.

Von den schwereren Elementen konnten früher nur einige wenige Elemente nachgewiesen werden, von denen jedoch jeweils meist nur die Linien einer Ionisationsstufe im optischen Bereich liegen. Als Beispiele mögen die D-Linien des neutralen Natriums und die H- und K-Linien des einmal ionisierten Calciums gelten. Zur Abschätzung der Häufigkeiten der Elemente aus den beobachteten Linien-

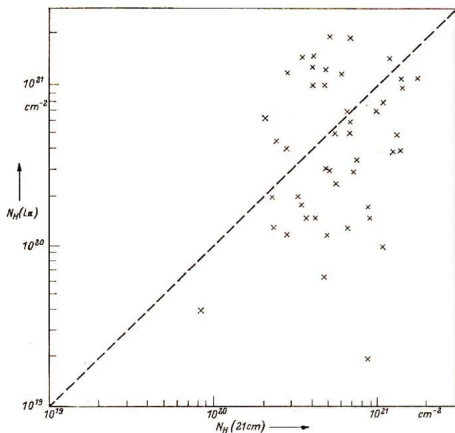


Abb. 2:
Vergleich der Dichten des neutralen interstellaren Wasserstoffs längs der Sichtlinie aus Messungen der 21-cm-Linie und der Lyman α -Linie. (Nach Savage und Jenkins).

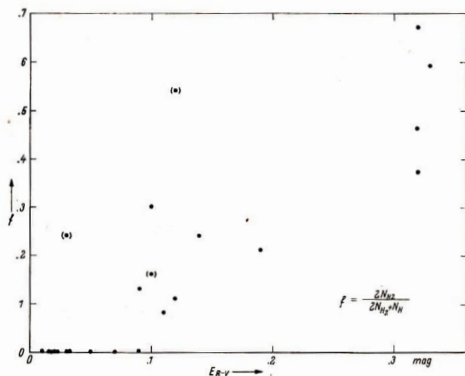


Abb. 3:
Relative Häufigkeit f des
molekularen Wasserstoffs
in Abhängigkeit vom Farb-
exzeß $E(B-V)$.

stärken war es notwendig, Annahmen über die Ionisationsverhältnisse der betreffenden Elemente zu machen, die ihrerseits von der Strahlungsdichte im interstellaren Raum abhängen. Zwar gab es mehrere Berechnungen über die Strahlungsdichte am Ort der Sonne und in anderen Gebieten des Milchstraßensystems, jedoch waren diese Werte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, die nicht zuletzt auf die mangelnde Kenntnis der Intensität in den Ultravioletspektren der Sterne zurückzuführen ist. Vor allen Dingen durch Beobachtungen vom Copernicus-Satelliten aus ist es — gemeinsam mit erdgebundenen Beobachtungen — nunmehr gelungen, 19 verschiedene chemische Elemente — meist in mehreren Ionisationsstufen — nachzuweisen und ihre Häufigkeit zu ermitteln. Da — wie bereits erwähnt — meist Linien in verschiedenen Ionisationsstufen beobachtet wurden, konnte man ohne Kenntnis der Strahlungsdichte auf die Gesamthäufigkeit der jeweiligen chemischen Elemente schließen. Beim Vergleich der auf diese Weise gewonnenen Häufigkeiten der chemischen Elemente im interstellaren Gas mit der Häufigkeit in der Sonnenatmosphäre zeigte sich, daß die meisten chemischen Elemente im interstellaren Gas relativ zur Sonne um oft ein bis drei Größenordnungen geringer sind. Dieses Ergebnis wird uns noch beschäftigen.

Interessante Erkenntnisse ergaben sich auch über das zwischen den interstellaren Wolken befindliche Medium. Offensichtlich ist es im allgemeinen nicht so stark ionisiert, wie man ursprünglich dachte. Andererseits wurden Linien des 5fach ionisierten Sauerstoffs entdeckt, deren Auftreten auf eine außerordentlich intensive Aufheizung des Gases schließen läßt, wofür wahrscheinlich nur Stoßwellen in Betracht kommen.

Die Ergebnisse über die Wellenlängenabhängigkeit der interstellaren Extinktion und über die Häufigkeit der chemischen Elemente im interstellaren Gas werfen ein neues Licht auf die Natur und den Ursprung des interstellaren Staubes. Unser Wissen über den interstellaren Staub beziehen wir hauptsächlich aus der Wellenlängenabhängigkeit der Extinktion, woraus man auf eine Teilchengröße von 10^{-6} bis 10^{-5} cm geschlossen hat. Jedoch war es nicht möglich, die chemische Zusammensetzung des Staubes eindeutig festzulegen. Es gibt eine Reihe von Hypothesen, von denen sich mehrere Vorstellungen als die wahrscheinlichsten herauskristallisiert haben. Wasserstoff und Helium können wahrscheinlich nicht nennenswert zu den Staubteilchen beitragen, weil die Temperaturen der Teilchen vermutlich zu hoch sind, so daß freier Wasserstoff und Helium schnell verdampfen würden. Die älteste Hypothese ist die, daß sich die Staubteilchen hauptsächlich aus gefrorenen Gasen wie H_2O , NH_3 und CH_4 mit einigen metallischen Verunreinigungen zusammensetzen. Dieses Staubmodell bezeichnet man auch als schmutziges Eis. Nach dieser Hypothese sollen sich die Staubteilchen durch Anlagerung von Atomen und Molekülen im interstellaren Raum bilden. Es herrscht also kein thermodynamisches Gleichgewicht, und die Gasdichte beim Entstehungsprozeß ist verhältnismäßig gering.

Zwei andere Vorstellungen gehen vom Gleichgewicht zwischen Gas und fester Phase aus, wobei die Dichten relativ hoch sind. Es sollen Graphitteilchen in den Atmosphären von Kohlenstoff-Sternen gebildet und durch den Strahlungsdruck dieser Sterne in den interstellaren Raum getrieben werden.



Abb. 3: Diese Aufnahme aus 88 450 km Entfernung zeigt einen Krater von 41 km Durchmesser, dessen Boden besonders hell ist. Er entstand durch den Einschlag eines Körpers in den Wall eines älteren etwa doppelt so großen Kraters und ist das Zentrum einer auffällig hellen und mit Strahlen durchsetzten Fläche, die man gut im Zentrum der Abb. 4 auf S. II des Heftes 1/75 erkennt. Zu Ehren des im Dezember 1973 verstorbenen Mitgliedes des Auswertestabes wurde dieser Krater Kuiper benannt.



Abbildungstext auf S. IV

Zum Beitrag S. 33, „Die Erforschung des Merkur“

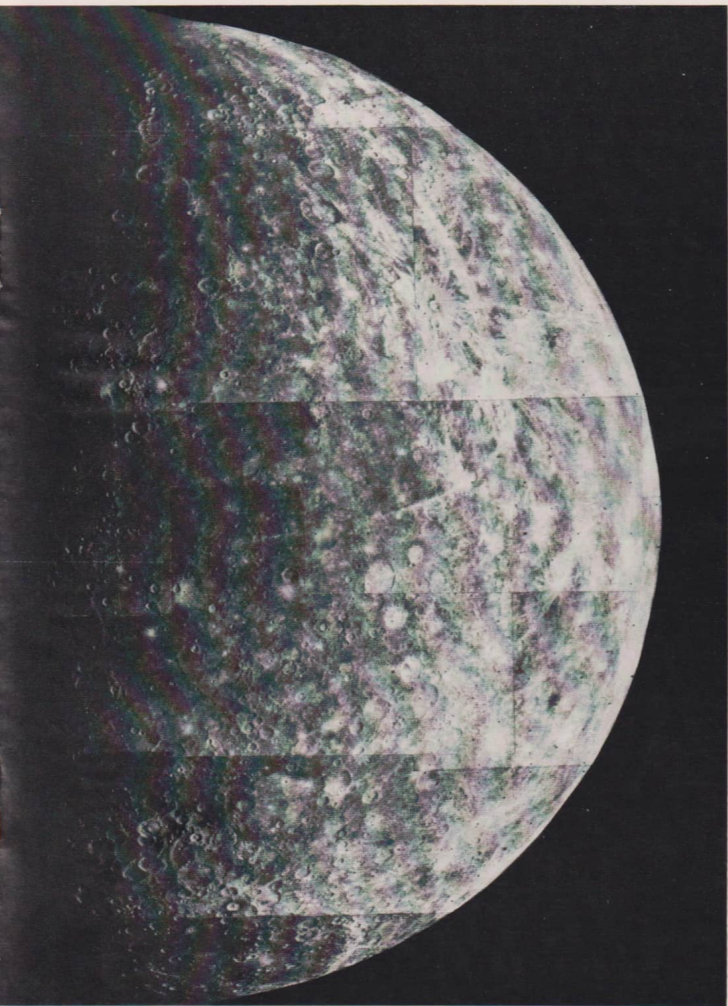




Abb. 2 (links):

Die Merkurkarte von Cruikshank und Chapman von 1967. Bemerkenswert ist das Vorherrschen bestimmter Streichrichtungen der dunklen Streifen.

Abb. 4, S. III:

Mosaik aus Fernsehbildern, die aus 210000 km Abstand vom Planeten nach der Passage gewonnen wurden. Im rechten Teil des Bildes fallen großen Strahlenkrater mit hellen Böden und Auswurfdecken auf, im linken Teil trägt die Oberfläche Mare-Charakter.

Abb. 5, S. II:

Diese Aufnahme aus 31000 km Entfernung zeigt rechts im Bild einen Krater von 100 km Durchmesser. Zum Bildzentrum zu ist die Decke von Auswurfprodukten, die bei diesem Einschlag anfielen, gut zu sehen. Sie zeigt zahlreiche Sekundärkrater sowie radial zum Krater angeordnete Grate und lineare Furchen.

**Zum Beitrag S. 33,
„Die Erforschung des Merkur“**

Eine weitere Hypothese nimmt an, daß sich die Staubpartikeln bei Prozeß der Sternentstehung im zirkumstellaren Raum bilden. Die so gebildeten Teilchen sollen hauptsächlich aus Silikaten bestehen und gleichfalls durch den Strahlungsdruck des entstehenden Sterns in den interstellaren Raum gelangen.

Nimmt man an, daß die Staubpartikeln bei fehlendem Gleichgewicht im allgemeinen interstellaren Raum entstehen, dann sollten Stickstoff und Sauerstoff am stärksten an positiv geladene Staubteilchen (Silikate) und ionisierter Kohlenstoff an negativ geladene Partikeln (Eis, Graphit) angelagert werden. Die beobachtete Häufigkeit der chemischen Elemente im interstellaren Gas spricht jedoch gegen solche Prozesse.

Bei der Staubentstehung im zirkumstellaren Raum und in den Atmosphären von Kohlenstoffsternen wird die Temperatur der Staubleichen in dem Maße abnehmen, wie die Partikeln durch den Strahlungsdruck nach außen getrieben werden und sich von dem betreffenden Stern immer mehr entfernen.

Durch die abnehmende Temperatur können immer weitere chemische Elemente auf den Stauboberflächen kondensieren. So wird Aluminium unterhalb etwa 1760 K als erstes relativ häufiges Element sich an die Staubpartikeln anlagern, ihm folgen dann Titan, Calcium, Eisen, Nickel, Magnesium, Silizium, Beryllium, Mangan, Natrium, Kalium, Schwefel, Bor, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Argon und Neon. Dabei gehen die einzelnen Elemente chemische Verbindungen ein. Der Kondensationsprozeß wird zu einem gewissen Abschluß kommen, wenn das Staubleichen, das nach außen getrieben wird, in Gebiete gelangt, in denen die Dichte nicht mehr hoch genug ist, um nennenswert zum Staubwachstum beizutragen. Daher werden die Elemente, die am unteren Ende der Aufzählung stehen, im allgemeinen nicht mehr an die Staubleichen angelagert werden. Die Beobachtungen sprechen — wenn auch nicht zweifelsfrei — für eine Staubentstehung vornehmlich in zirkumstellaren Gebieten. Damit ist eine Frage, die in den letzten Jahrzehnten die Astrophysik wesentlich beschäftigte, einer Lösung erheblich näher gerückt.

2. Die Röntgenquellen

Anfang der 60er Jahre wurden durch Ballon- und Raketenexperimente einige intensive Röntgenquellen entdeckt, z. B. Sco X-1, Cyg X-1 und Cen X-3. Eine systematische Durchmusterung des Himmels nach Röntgenquellen wurde erst mit dem Start des Satelliten UHURU möglich, der im Dezember 1970 von Kenia aus aufgeflogen wurde. Der wesentliche Empfindlichkeitsbereich des Röntgenteleskops in diesem Satelliten liegt zwischen 2 und 6 Å. Die Ergebnisse der UHURU-Beobachtungen sind in mehreren Katalogen niedergelegt. Das bisher umfassendste Verzeichnis, der dritte UHURU-Katalog, enthält 161 Objekte.

Aus der Verteilung am Himmel wird die starke Konzentration der Röntgenquellen zur galaktischen Ebene und zum Milchstraßenzentrum erkennbar. So befinden sich im Gebiet mit geringeren galaktischen Breiten als 20° 97 Röntgenquellen, während in größeren Abständen von der galaktischen Ebene nur 64 Objekte gefunden wurden. Allerdings muß bemerkt werden, daß die höheren Breiten noch nicht vollständig abgesucht wurden. Die starke Konzentration zur Milchstraßenebene deutet darauf hin, daß die meisten Röntgenquellen galaktische Objekte sind. In hohen galaktischen Breiten dürfte dagegen ein großer Anteil an extragalaktischen Objekten enthalten sein.

Eine Reihe von Röntgenquellen konnte mit optischen Objekten identifiziert werden, wobei die Identifikation nicht immer sehr sicher ist. Man kann mehrere Gruppen von Objekten unterscheiden. So gibt es Sterne mit Besonderheiten, zu denen die Röntgenquelle Sco X-1 zu rechnen ist, die mit einem extrem blauen Stern zusammenfällt. Eine weitere kleine Gruppe — die wir noch besprechen — bildet Doppelsterne. Supernovarüberreste, wie der Krebsnebel und sein Pulsar sowie der Überrest der Supernova im Sternbild Vela, sind zu einer weiteren Gruppierung zusammenzufassen. Getrennt sind mehrere Röntgenquellen aufzuführen, die mit Sternen in den Magellanschen Wolken identifiziert werden konnten. Die weiteren Gruppen umfassen extragalaktische Objekte, wobei man normale Galaxien — wie M 31 —, Radiogalaxien — z. B. M 87 und NGC 5128 — Seyfert- und Markarian-Galaxien — z. B. NGC 4151 — und Quasare — wie 3C273 — zu erwähnen hat.

Eine Gruppe, mit der wir uns etwas ausführlicher beschäftigen wollen, sind die Haufen-Galaxien. Bisher konnten 17 dieser Objekte — einige allerdings unsicher — mit Röntgenquellen identifiziert werden. Dazu gehören der Coma-Haufen, der Virgo-Haufen und der Perseus-Haufen. Bei den beiden zuletzt genannten Objekten ist allerdings nicht klar, ob nicht jeweils eine bestimmte große Galaxis — M 87 bzw. NGC 1275 — allein für die Röntgenstrahlung verantwortlich ist.

Für die Deutung der in den Galaxienhaufen beobachteten Röntgenstrahlung gibt es derzeit zwei Erklärungen. Einmal könnte thermische Bremsstrahlung eines Gases, dessen Temperatur zwischen 10⁵ und einigen 10⁶ K liegt, die Ursache der Röntgenstrahlung sein. Diese Bremsstrahlung entsteht bei

der Begegnung von schnellen Elektronen mit Atomkernen. Das Spektrum dieser Bremsstrahlung ist temperaturabhängig. Eine genauere Temperaturbestimmung setzt Beobachtungen bei anderen Röntgenwellenlängen voraus. Am wahrscheinlichsten scheint eine Temperatur von 10^8 K zu sein. Aus diesem Wert, aus den Intensitäten der Röntgenquellen und den jeweiligen Ausdehnungen der Haufen ergeben sich Dichten des heißen Plasmas, das für die Strahlung verantwortlich ist, zwischen 10^{-28} und 10^{-30} g/cm³.

Eine andere Deutung der Ursache der Röntgenstrahlung in Galaxienhaufen ist die durch den inversen Compton-Effekt. Danach stoßen schnelle Elektronen mit Photonen der 3-K-Hintergrundstrahlung zusammen und geben sowohl Energie als auch Impuls an diese Lichtquanten ab, so daß sie in den Röntgenbereich gelangen. Der bisher beobachtete Spektralverlauf der Röntgenstrahlung macht allerdings diese Deutung relativ unwahrscheinlich, wenn auch das letzte Wort darüber noch nicht gesprochen wurde.

Eine besonders interessante Gruppe von Röntgenquellen, von denen bisher 6 Objekte bekannt sind, sind Bedeckungsveränderliche. Aus den Periodenlängen, der Bedeckungsdauer und den Radialgeschwindigkeiten ließen sich für einige der Doppelsterne sowohl für die sichtbaren Hauptsterne als auch die unsichtbaren Komponenten die Massen abschätzen. In zwei der Fälle ist es nicht ausgeschlossen, daß die Massen dieser Komponenten zwei Sonnenmassen übersteigen. Offensichtlich sind die nicht sichtbaren Begleiter sehr dichte Objekte. Als solche kommen Weiße Zwerge, Neutronensterne und die bisher nur hypothetisch erörterten Schwarzen Löcher in Betracht. Alle diese genannten Objekte sind Endprodukte der Sternentwicklung, wobei Weiße Zwerge Massen unterhalb von 1,4 Sonnenmassen, Neutronensterne höchstens 2 Sonnenmassen und Schwarze Löcher mehr als 2 Sonnenmassen besitzen müssen. Damit ist es nicht ausgeschlossen, daß hier erstmalig Schwarze Löcher gefunden worden sind. Jedoch sind weitere Beobachtungen erforderlich.

Als Energiequelle für die Röntgenstrahlung in diesen Doppelsternen kommt wahrscheinlich ein Massenfluß von der sichtbaren zur unsichtbaren Komponente in Betracht. Diese Massen werden beim Fall auf die Neutronensterne oder Schwarzen Löcher beschleunigt und senden beim „Aufprall“ in den oberflächennahen Schichten dieser Objekte die Röntgenstrahlung aus. Erwähnenswert ist, daß die Röntgenquelle Her X-1, die mit den Bedeckungsveränderlichen HZ Her identifiziert wurde, die sichtbare Komponente offensichtlich aufheizt, was sich in deren Farbverhalten bemerkbar macht.

Es ist offensichtlich, daß durch die Beobachtungen oberhalb unserer Erdatmosphäre bereits innerhalb weniger Jahre eine Reihe sehr interessanter Ergebnisse gewonnen wurden. Man darf in den nächsten Jahren mit Sicherheit weitere wichtige Aufschlüsse erwarten.

Literatur:

- G. B. Field: The Composition of Interstellar Dust, Symposium on the Dusty Universe, Cambridge, Mass. October 1973.
 R. Giacconi, S. Murray, H. Gursky, E. Kellogg, E. Schreier, H. Tananbaum: *Astrophys. J.* **178**, 281 (1972).
 J. Rogerson, L. Spitzer, J. F. Drake, K. Dressler, E. B. Jenkins, D. C. Morton, D. G. York: *Astrophys. J. (Letters)* **181**, L 97, L 103, L 110, L 116, L 122 (1973).

Amateure beobachten und berichten

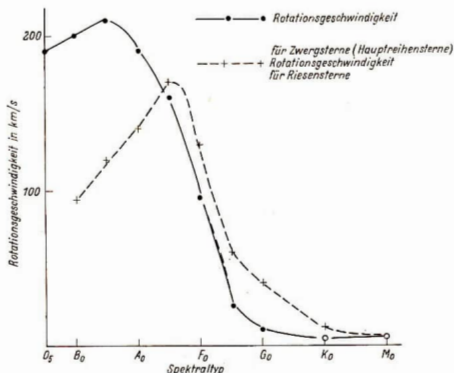
Beobachtung der Perseiden 1974 (1)

In der Nacht vom 11. zum 12. August 1974 wurde von fünf Mitgliedern der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“, Potsdam, eine Meteorbeobachtung durchgeführt. Dazu wurde ein Beobachtungsort etwa 20 km westlich Potsdams ausgewählt, der eine ungestörte Beobachtung bei dunklem Himmel zuließ. Vorgesehen war die Eintragung aller Meteorerscheinungen auf Sternkarten und die fotografische Überwachung ausgewählter Himmelssegmente in 10-Minuten-Intervallen. Eine Kamera wurde darüber hinaus mit einer rotierenden Scheibe mit sechs Schlitzen ausgerüstet, die die Bestimmung der Meteorogeschwindigkeiten ermöglichen sollte. Die Anzahl der Unterbrechungen konnte für jedes Meßintervall (ebenfalls 10 Minuten) ermittelt werden; sie lag im Mittel bei 50 pro Sekunde.

Diagramm 1:

× = Tatsächliche Anzahl der eingetragenen Meteore in den einzelnen Stundenintervallen (---).

○ = Anzahl der beobachteten Meteore bezogen auf die volle Stunde (—).



Um 21 Uhr konnte mit der Beobachtung begonnen werden. Das Diagramm 1 zeigt die Anzahl der eingetragenen Meteore. Die Tabelle 1 gibt die effektiven Beobachtungszeiten für die einzelnen Stundenintervalle an. Ab 01.00 Uhr kam zeitweise Cirrocumulusbewölkung auf. Der ab 23 Uhr im Osten bis Südosten befindliche Mond (23,5^a Mondalter) dürfte sich besonders negativ auf die beobachtete Meteorzahl im Ost- und Südostteil ausgewirkt haben, so daß insbesondere die zu erwartende starke Steigerung der Meteorzahl gegen Morgen (tägliche Variation) nicht einwandfrei nachgewiesen werden kann (Diagramm 1). Unter Berücksichtigung der effektiven Beobachtungszeit ergibt sich ein mittlerer Wert von 46 Meteoren pro Stunde.

Eine Verfolgung der aufgezeichneten Meteorbahnen läßt für 72% der Erscheinungen den Perseus als Radianten erkennen. Jedoch scheinen hier zwei etwa 10° voneinander entfernte Konzentrationen aufzutreten, die bereits im vergangenen Jahr von anderen Beobachtern bemerkt wurden.

Tabelle 1:

Effektive Beobachtungszeiten für die einzelnen Stundenintervalle

21.00 — 22.00	55 ^m	0.9167 ^h
22.00 — 23.00	55 ^m	0.9167 ^h
23.00 — 24.00	15 ^m	0.2500 ^h
00.00 — 01.00	30 ^m	0.5000 ^h
01.00 — 02.00	35 ^m	0.5833 ^h
02.00 — 03.00	35 ^m	0.5833 ^h

3^h45^m 3.7500^h

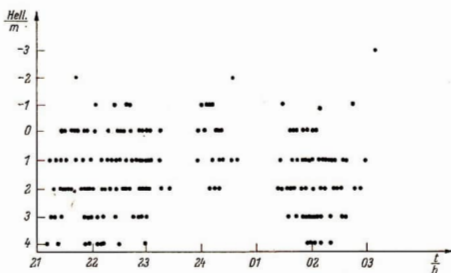


Diagramm 2:

Verteilung der Meteore über die Helligkeiten im Beobachtungszeitraum.

Interessant ist auch eine Untersuchung der Bahnen der sporadischen Meteore. Unweit der Position der Sonne ($9^{\text{h}}25^{\text{m}}\alpha$; $+15^{\circ}\delta$) ist eine Konzentration von rd. 19% der insgesamt beobachteten Meteore bei $\alpha = 9^{\text{h}}15^{\text{m}}$ und $\delta = +10^{\circ}$ erkennbar. Auf den Fotografien konnte eine sehr helle Erscheinung (etwa -2^{m}) festgestellt werden. Aufgrund der Eintragungen in Karten konnte der Zeitpunkt dieser Erscheinung (21.36 Uhr) ermittelt werden.

Die Kamera mit der Unterbrecherscheibe war während der gesamten Zeit nach Ost in etwa 30° Höhe gerichtet. Jedoch wurde keine Meteorspur mit ausreichender Helligkeit gewonnen, so daß Meßergebnisse nicht vorliegen.

Die Beobachtung erbrachte insgesamt nicht die erwarteten Ergebnisse. Neben den sicher vorhandenen Ungenauigkeiten beim Eintragen der Meteore in die Karten beeinflussten insbesondere Wolken und der Mond unsere Resultate. Es zeigt sich aber auch, daß mit einfachen Mitteln umfangreiches Beobachtungsmaterial gewonnen und mit geringem Aufwand ausgewertet werden kann.

Jürgen Rendtel

Beobachtung der Perseiden 1974 (2)

An der Beobachtung der Perseiden 1974 durch die Fachgruppe Astronomie Eilenburg beteiligten sich 5 Mitglieder. Beobachtet wurde zwischen dem 7. 8. 74 und 20. 8. 74 in 12 Nächten, Beobachtungsort war meist Eilenburg, jedoch z. T. auch der Urlaubsort einzelner Mitglieder.

Einheitlich wurden folgende Daten im Protokoll festgehalten:

1. Zeit in Minutenangabe
2. Helligkeit des Meteors
3. Dauer des Meteors, geschätzt in Zehntelsekunden
4. Dauer eines evtl. beobachteten Schweifes
5. Farbe
6. Bemerkungen über Helligkeitsausbrüche, Geräusche, Sichtbedingungen u. a.

Die Anfangs- und Endkoordinaten wurden z. T. ebenfalls in Azimut und Höhe geschätzt und im Protokoll vermerkt, meist jedoch wurde die Bahn direkt in eine Sternkarte eingetragen.

Leider waren in diesem Jahr die äußeren Bedingungen recht ungünstig. Vor dem 14. 8. machte sich das helle Mondlicht störend bemerkbar und in einigen Nächten unmittelbar vor dem erwarteten Maximum war außerdem wegen starker Bewölkung keine Beobachtung möglich.

Inzwischen wurde das Material durch die Fachgruppe unter verschiedenen Gesichtspunkten statistisch ausgewertet, und einige Ergebnisse sollen mitgeteilt werden:

- a) Die mittlere scheinbare Helligkeit aller Perseiden betrug $+0^{\text{m}}8$, die mittlere Leuchtdauer 0,6 s.
- b) Die Farben der Meteore verteilten sich wie folgt: weiß 46,9%, weißlich-gelb 18,5%, gelb 25,9%, übrige Farben 8,7%.
- c) Die mittlere Helligkeit der weißen Meteore lag bei $+1^{\text{m}}3$, der weißlich-gelben bei $+1^{\text{m}}0$ und der gelben Meteore bei $+0^{\text{m}}3$.

Meteore in den anderen Farben wurden zu selten beobachtet, um entsprechende Aussagen machen zu können.

- d) Bei 14,3% der Meteore wurde ein Schweif festgestellt, wobei vor Mitternacht die Schweifbildung etwas häufiger auftrat als nach Mitternacht.
- e) Der für uns interessanteste Aspekt in der Auswertung des Materials ergab sich, als wir nachweisen konnten, daß ein Meteor der Helligkeit 0^{m} am 14. 8. 74, 22^h07 Uhr, gleichzeitig von 3 Personen in zwei rund 100 km voneinander entfernten Orten gesehen wurde. Nach Feststellung übereinstimmender Werte für Beobachtungszeit, Helligkeit, Farbe und Dauer des Meteors fertigten wir unter Zugrundelegung von Azimut und Höhe der Anfangs- und Endpunkte des jeweils beobachteten Bahnstückes und der geographischen Koordinaten der beiden Beobachtungsorte ein Modell an, das die Bahn des Meteors in guter Näherung darstellt.

Martin Müller

Beobachtung der Perseiden 1974 (3)

In der Nacht vom 14. zum 15. August 1974 beobachteten wir an der Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“ in Crimmitschau die Meteore des Perseidenstromes.

Die Beobachtungszeit erstreckte sich von 21.15 Uhr bis 3.30 Uhr MEZ, in der wir ein Himmelsareal von $RA = 16^{\text{h}}, \dots 0^{\text{h}}$, $0^{\text{h}} \dots 6^{\text{h}}$; Dekl. $0^{\circ} \dots +90^{\circ}$ überwachten.

Größere Wolkenfelder behinderten von 0 Uhr bis 1.15 Uhr die Beobachtung, so daß eine Auswertung nach der Häufigkeitsverteilung in Abhängigkeit von der Zeit nicht möglich war.

Von den beobachteten Erscheinungen wurden registriert:

- der scheinbare Bahnverlauf (s. Abb. 1 und 2);
- der Zeitpunkt des Aufleuchtens (in MEZ);
- die Dauer der Erscheinung (auf Zehntelsekunden geschätzt);
- die relative Geschwindigkeit (nach der Skala: 1 – sehr schnell; 2 – schnell; 3 – mäßig schnell; 4 – langsam; 5 – sehr langsam);
- die scheinbare Helligkeit;
- Besonderheiten (z. B. Schweifbildung).

Im genannten Beobachtungszeitraum konnten insgesamt 84 Meteore gezählt werden. Davon lassen sich mit großer Wahrscheinlichkeit 57 Meteore den Perseiden und 12 den Cygniden zuordnen. Das entspricht einem Anteil von 68% bei den Perseiden und von 14% bei den Cygniden. Weitere 15 Erscheinungen (18%) faßten wir als sporadische Meteore auf.

Abb. 1

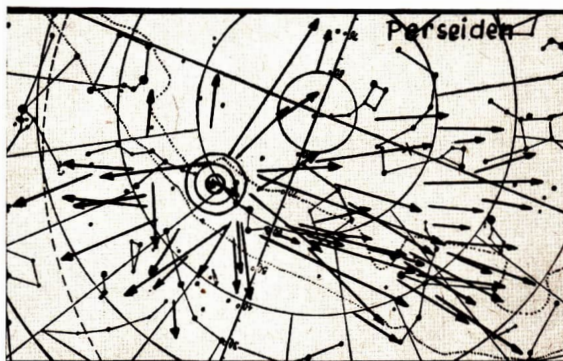


Abb. 1 enthält die von uns beobachteten Meteore des Perseidenstromes sowie den dafür ermittelten scheinbaren Radianten bei RA = 2 h 15 min (± 5 min); Dekl. = $+58^\circ$ ($\pm 3^\circ$), der mit Ausstreungsfeldern von 5° , 10° und 15° Durchmesser umgeben wurde.

Abb. 2 enthält die beobachteten Meteore des Cygnidenstromes mit dem scheinbaren Radianten bei RA = 21 h 03 min (± 5 min); Dekl. = $+48^\circ$ ($\pm 3^\circ$).

Um die Übersichtlichkeit in beiden Abb. zu erhöhen, wurden die sporadischen Meteore nicht eingezeichnet.

Nachstehender Tabelle ist zu entnehmen, wieviele Meteorbahnen in die oben genannten Ausstreungsfelder weisen und wieviele noch außerhalb davon liegen.

Joachim Prell, Rainer Kubik

Perseiden				Cygniden			
5°	10°	15°	15°	5°	10°	15°	15°
10	10	19	18	n Meteore	5	4	3
18	18	33	31	in %	42	33	25
							0

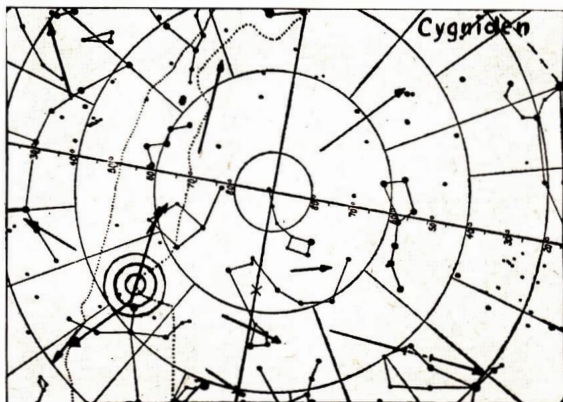


Abb. 2

Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen II

HANS-H. LENZ

Berechnung der Elemente einer Kreisbahn

Die Bahn eines Himmelskörpers wird bestimmt durch die sechs Konstanten

Neigung der Bahnebene	(i)
Länge des aufsteigenden Knotens	($\delta\Omega$)
Abstand des Perihels vom aufsteigenden Knoten	(w)
große Halbachse der Bahn ¹⁾	(a)
numerische Exzentrizität	(e)
Perihelzeit	(T)

Die ersten drei Größen hängen von der Wahl des Koordinatensystems ab, während die letzten von einer Koordinatentransformation unabhängig sind.

Für den Fall, daß eine Kreisbahn angenommen wird, verringern sich die Konstanten auf vier, weil die Länge des Perihels und die Exzentrizität der Bahn entfallen, denn jeder Punkt der Bahn kann als Perihel aufgefaßt werden, da der Körper immer gleich weit von der Sonne entfernt ist. Aus dem gleichen Grunde ist die Exzentrizität der Bahn gleich Null.

Im folgenden sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie mit relativ einfachen mathematischen Mitteln die Länge des aufsteigenden Knotens, die Bahneigung des Objekts und eine Größe, die eine ähnliche Bedeutung wie die Perihelzeit hat, bestimmt werden können.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Annahme einer Kreisbahn von vornherein Fehler verursacht, die mit Zunahme der Exzentrizität wachsen.

Diese Fehler machen sich besonders bei der Berechnung des Neigungswinkels der Bahn bemerkbar. Außerdem ist das hier beschriebene Verfahren nicht immer anwendbar. Besonders bei geringen Bahneigungen treten Fehler auf, die Aussagen über den Bahnverlauf nicht gestatten.

Die im ersten Teil des Beitrags²⁾ berechneten Koordinaten waren rechtwinklige im System des Äquators. Diese Werte müssen für die folgenden Betrachtungen in das rechtwinklige System der Ekliptik umgerechnet werden, wobei die Ekliptik die Funktion einer Hauptkoordinatenebene erfüllt.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind zwei Transformationen notwendig. Die erste ist eine Verschiebung, so daß das Zentrum unseres Sonnensystems in den Koordinatenursprung gelegt wird. Die rechtwinkligen Koordinaten der Sonne können mit den folgenden Gleichungen bestimmt werden.

$$\begin{aligned}\bar{X}_1 &= R_1 \cos l_1 \\ \bar{Y}_1 &= R_1 \sin l_1 \\ \bar{Z}_1 &= 0\end{aligned}\quad (i = 1; 2) \quad (I)$$

Die R_1 und l_1 sind im „Kalender für Sternfreunde“ enthalten und müssen für die Beobachtungszeiten entnommen werden.

Die zweite Transformation stellt eine Drehung des Äquatorsystems in das System der Ekliptik dar. Der Winkel, um den gedreht werden muß, beträgt etwa $23^\circ 26'$ und er erhält die Bezeichnung (ε).

Mit den folgenden Gleichungen können diese Transformationen in einem Gang ausgeführt werden.

$$\begin{aligned}x_1 &= r \cos \alpha_1 \cos \delta_1 - \bar{X}_1 \\ y_1 &= (r \sin \alpha_1 \cos \delta_1 - \bar{Y}_1) \cos \varepsilon + (r \sin \delta_1 - \bar{Z}_1) \sin \varepsilon \\ z_1 &= (r \sin \delta_1 - \bar{Z}_1) \cos \varepsilon - (r \sin \alpha_1 \cos \delta_1 - \bar{Y}_1) \sin \varepsilon\end{aligned}\quad (i = 1; 2) \quad (II)$$

Die x_1, y_1, z_1 sind rechtwinklige Koordinaten im System der Ekliptik.

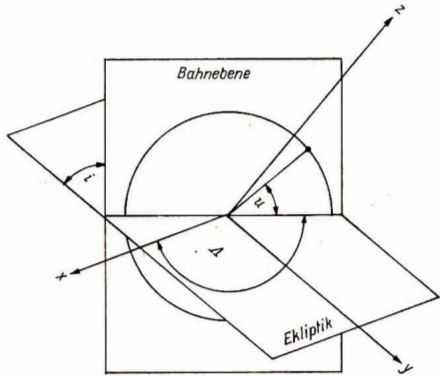
Diese Koordinaten müssen für beide Orte errechnet werden. Mit ihnen sind wir in der Lage, die Bestimmungsgrößen unserer Kreisbahn zu ermitteln.

¹⁾ Der Radius der Kreisbahn wurde in $A + R \cdot 1/75$ berechnet.

²⁾ Vgl. „Astronomie und Raumfahrt“ 1/75.

Abb. 1:

Die Lage der Elemente einer Kreisbahn im rechtwinkligen Koordinatensystem.



Berechnung der Länge des aufsteigenden Knotens

Die Bahnbewegung eines jeden Himmelskörpers geschieht in einer ebenen Kurve, das heißt, alle Punkte dieser Kurve liegen in einer Ebene. Nun wird aber jede Ebene durch drei Punkte im Raum aufgespannt, die uns in diesem Falle bekannt sind. Es sind dieses die beiden beobachteten Orte, von denen wir die rechtwinkligen Koordinaten errechnet haben und die Koordinaten der Sonne, die sich im Koordinatenursprung befindet und auch in der Bahnene des Körpers liegt.

Die Gleichung der Bahnene des Himmelskörpers kann mit Hilfe der folgenden Matrix ermittelt werden.

$$\mathfrak{A} = \begin{pmatrix} 1 & x & y & z \\ 1 & x_1 & y_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & z_2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} x & y & z \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \end{pmatrix}$$

Die Entwicklung der Matrix nach der ersten Zeile ergibt die Gleichung

$$\mathfrak{A} = -x(y_1z_2 - z_1y_2) + y(x_1z_2 - z_1x_2) - z(x_1y_2 - y_1x_2)$$

Diese Gleichung läßt sich auch in die Form

$$\mathfrak{A} = A_1x + B_1y + C_1z = 0 \text{ überführen, wenn} \quad (\text{III})$$

$$A_1 = -(y_1z_2 - z_1y_2)$$

$$B_1 = (x_1z_2 - z_1x_2)$$

$$C_1 = -(x_1y_2 - y_1x_2) \quad \text{gesetzt wird.} \quad (\text{IV})$$

Mit Hilfe dieser Gleichung und der für die Ekliptikebene

$$z = 0 \quad (\text{IVa})$$

können wir die Länge des aufsteigenden Knotens ($\odot$) bestimmen.

Die Menge der gemeinsamen Punkte zweier Ebenen sind immer Schnittgerade. Die Gleichung dieser Geraden erhält man durch Einsetzen der Gleichung (IVa) in Gleichung (III).

Sie lautet in allgemeiner Form

$$A_1 x + B_1 y = 0, \text{ oder in expliziter Darstellung}$$

$$y = -\frac{A_1}{B_1} x$$

Der Quotient in dieser linearen Gleichung wird als Anstieg bezeichnet. Er ist der Tangens des aufsteigenden Knotens.

$$\tan \delta_0 = -\frac{A_1}{B_1} \quad (V)$$

Bestimmung der Bahnneigung zur Ekliptikebene

Den Bahnneigungswinkel erhalten wir durch folgende Überlegungen: (i) ist der Winkel, der von der Bahnebene und der Ekliptik eingeschlossen ist. Um ihn zu errechnen müssen wir zwei Geradengleichungen finden, die zwei lineare Funktionen beschreiben, die in je einer der Ebenen liegen, einen gemeinsamen Schnittpunkt haben und zugleich senkrecht auf der Schnittgeraden der beiden Ebenen stehen.

Auf lange Rechnungen wollen wir hier verzichten und sofort die Gleichung angeben, mit der der Bahnneigungswinkel (i) berechnet werden kann. Sie lautet:

$$\cos i = \left| \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2 + C_1 C_2}{\sqrt{(A_1^2 + B_1^2 + C_1^2)(A_2^2 + B_2^2 + C_2^2)}} \right|$$

Weil in der Gleichung (IVa) $A_2 = B_2 = 0$ und $C_2 = 1$ ist, folgt

$$\cos i = \left| \frac{C_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2 + C_1^2}} \right| \quad (VI)$$

Aus dieser Gleichung kann der Bahnneigungswinkel ohne weiteres berechnet werden.

Berechnung des Ersatzwinkels für die Perihelzeit

Wie bereits erwähnt, kann die Perihelzeit nicht angegeben werden. Es muß aber ein Ort zu einer bestimmten Zeit bekannt sein, damit das Objekt wieder aufgefunden werden kann. In der Regel ist dies der Abstand des Körpers vom aufsteigenden Knoten. Dieser Winkel heißt (u) und ist eine Funktion der Zeit. Von einem Ort sind die Koordinaten x_1, y_1, z_1 bekannt, die für einen ganz bestimmten Zeitpunkt Gültigkeit haben. Aus der Gleichung

$$\cos u = \frac{x_1 \cos \delta_0 + y_1 \sin \delta_0}{a} \quad (VII)$$

ist der Winkel (u) zu berechnen.

Es existieren auch noch andere Gleichungen mit deren Hilfe wir zu einem Ergebnis gekommen wären. Allerdings gelangen in diese Gleichungen trigonometrische Funktionen, die den Winkel (i) enthalten. Der Einsatz dieser Gleichungen sollte wegen der Unsicherheit des Bahnneigungswinkels möglichst unterbleiben.

Beispiel zu „Berechnung der Elemente einer Kreisbahn“

Alle Elemente wurden mit Hilfe des Rechenstabes und einer vierstelligen trigonometrischen Tafel gerechnet.

1. Örter der Sonne zum Beobachtungszeitpunkt. (Sie sind im „Kalender für Sternfreunde“ enthalten. In unserem Beispiel im Jahrgang 1973, S. 45 bzw. S. 51).

Ort 1	
1973 Febr. 17; 0 h WZ	
l_1	328,17°
R_1	0,9881 AE

Ort 2	
1973 Apr. 8; 0 h WZ	
l_2	18,02°
R_2	1,00137 AE

2. Beobachtete Örter des Himmelskörpers (hier am Beispiel des Planetoiden Pallas).

α_1	228,25°
δ_1	4,70°

α_2	230,0°
δ_2	18,84°

3. Berechnung der $\bar{x}_1; \bar{y}_1; \bar{z}_1$ aus den Ephemeriden der Sonne, Gleichung (I).
Einsetzen der entsprechenden Größen in das Gleichungssystem. Bei der Reduktion auf den ersten Quadranten Vorzeichen der trigonometrischen Funktion beachten!

$$\begin{array}{l|l} X_1 & 0,849 \\ Y_1 & -0,521 \\ Z_1 & 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} X_2 & 0,952 \\ Y_2 & 0,310 \\ Z_2 & 0 \end{array}$$

4. Berechnung der rechtwinkligen Koordinaten $x_1; y_1; z_1$ des Himmelskörpers für beide Beobachtungsorte.

Nach Einsetzen der $\Delta_1 \delta_1$ und der $\bar{X}_1; \bar{Y}_1; \bar{Z}_1$ in das System (II) erhalten wir die Lösungen

$$\begin{array}{l|l} x_1 & -2,399 \\ y_1 & -0,339 \\ z_1 & 0,497 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} x_2 & -2,227 \\ y_2 & -1,654 \\ z_2 & 1,215 \end{array}$$

5. Die Berechnung der Koeffizienten $A_1; B_1; C_1$ mit Hilfe der Gleichung (IV).

$$\begin{array}{l|l} A_1 & -0,410 \\ B_1 & -1,892 \\ C_1 & -3,230 \end{array}$$

6. Länge des aufsteigenden Knotens (Ω).

Es werden die Gleichung (V) und die Koeffizienten aus (IV) benötigt.

$$\begin{array}{l|l} \tan \Omega & -0,2160 \\ \Omega & 167,8^\circ \end{array}$$

7. Neigungswinkel (i) der Bahn.

Zur Berechnung des Neigungswinkels (i) muß die Gleichung (VI) herangezogen werden.

$$\begin{array}{l|l} \cos i & 0,8410 \\ i & 32,8^\circ \end{array}$$

8. Abstand des Körpers vom aufsteigenden Knoten.

Wir benötigen die Gleichung (VII) und den Radius der Kreisbahn aus dem ersten Teil des Beitrags.

$$\begin{array}{l|l} \cos u & -0,0445 \\ u & 92,5^\circ \end{array}$$

Bei der Berechnung des aufsteigenden Knotens und des Abstands vom aufsteigenden Knoten sind in jedem Falle zwei Lösungen möglich, weil hier trigonometrische Funktionen auftreten. Die Entscheidung trifft man am leichtesten, wenn die x_1, y_1, z_1 in ein räumliches Koordinatensystem eingetragen werden.

Observatorium sucht Nachtassistenten

Am Karl-Schwarzschild-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der DDR in Tautenburg werden zur ständigen Mitarbeit Nachtassistenten gesucht. Eine sehr wichtige Voraussetzung für die Aufnahme einer solchen Tätigkeit ist Begeisterung für die beobachtende Astronomie, da es bei dieser Tätigkeit in der Hauptsache um die Assistenz bei nächtlichen Beobachtungen und die Kontrolle der Nachtklarheit geht. Einen Teil seiner Arbeitszeit wird der Mitarbeiter aber auch bei Messungen und Auswertungen von Beobachtungen verbringen. Interessierte Amateurastronomen wenden sich an Karl-Schwarzschild-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der DDR, 6901 Tautenburg, Kreis Jena.

Neuwertige Astrogeräte verkäuflich

Astrokamera 4,5/250 mit Zusatzkassetten: 720 M.

Mond- und Planetenkamera: 770 M.

Okularschraubenmikrometer mit Dunkelfeldbeleuchtung: 900 M.

Kleczeck, Astronomical Dictionary (Wörterbuch astronomischer Begriffe in Englisch, Russisch, Deutsch, Französisch, Italienisch und Tschechisch): 30 M.

Zuschriften erbeten an Frau Dagmar Sigmund, 829 Kamenz, Haberkornstraße 16.

Refraktor 80/1200 azimutal auf kräftigem Holzdreibeinstativ (500 M) oder Rohrmonterung (400 M) verkauft Hans D. Greißner, 7981 Friedersdorf, Hauptstraße 88.

Frage und Antwort

Unser Leser H. Benedix in 8703 Bernstadt (OL) fragt:

Warum rotieren Sterne?

Zunächst soll etwas über die Möglichkeiten der Messung der Rotationsgeschwindigkeit bei den Sternen gesagt werden: Nur am Beispiel der Sonne kann man die Rotation am Äquator direkt nachweisen durch die Bewegung der Sonnenflecke. Es ergab sich eine Umdrehungszeit der Sonne von etwa 25 Tagen. Mit der Kenntnis des Umfanges der Sonne findet man eine Rotationsgeschwindigkeit von 2 km/s am Äquator.

Bei den Fixsternen kann man die Rotationsgeschwindigkeit durch spektrale Beobachtungen messen. Eine Methode soll kurz erläutert werden. Bei einem rotierenden Stern bewegt sich die eine Hälfte der sichtbaren Oberfläche auf den Beobachter zu, die andere Hälfte vom Beobachter weg (s. Abb. 1). Ganz allgemein gilt aber, daß sich die Frequenz der Strahlung erhöht (Wellenlänge verkleinert), wenn sich die Strahlungsquelle auf den Beobachter zu bewegt. Das ist bei Licht gleichbedeutend mit einer Blauverschiebung der Strahlung. Handelt es sich um Fluchtbewegung, so vergrößert sich die Wellenlänge, was einer Rotverschiebung der Strahlung entspricht. Man kann die gesamte Sternoberfläche nun als eine Summe sehr vieler einzelner Strahlungsquellen betrachten. Bei einem rotierenden Stern bewegt sich also die Hälfte der Quellen auf den Beobachter zu (Blauverschiebung) und die Hälfte vom Beobachter weg (Rotverschiebung). Demzufolge wird die Spektrallinie eines rotierenden Sternes gegenüber einem nicht rotierenden verbreitert sein (s. Abb. 2). Ferner gilt, daß die Linie um so breiter ist, je größer die Rotationsgeschwindigkeit ist.)

Die bisherigen Meßergebnisse zeigt Abb. 3. Man muß dazu bemerken, daß es sich um Mittelwerte handelt, von denen es im Einzelfall Abweichungen geben kann. Das wichtigste Ergebnis ist, daß die Rotationsgeschwindigkeit von den frühen Spektraltypen zu den späten Typen für die Hauptreihensterne abnimmt. Außerdem zeigt die Abb., daß im Bereich der frühen Sterne die Riesensterne eine kleinere Rotationsgeschwindigkeit haben als die Hauptreihensterne, bei den späten Typen sind kaum Unterschiede vorhanden.

Wo kommt die Rotation nun her? Sterne kondensieren aus großen Wolken interstellarer Materie. Man kann annehmen, daß diese ausgedehnten Wolken eine ganz geringe Rotation haben. Bei dem Kontraktionsvorgang der Sternbildung muß der Drehimpuls erhalten bleiben. Demzufolge erhöht sich die Geschwindigkeit in gleichem Maße, wie sich die Masse auf ein kleineres Volumen zusammenzieht. (Denken Sie an einen Pirouetten drehenden Eiskunstläufer. Er dreht sich mit ausbreiteten Armen sehr langsam. In dem Moment, in dem er seine Arme an den Körper nimmt, d. h. seine Masse auf ein kleineres Volumen bringt, erhöht sich seine Rotationsgeschwindigkeit erheblich. Der Eiskunstläufer nutzt das physikalische Gesetz von der Erhaltung des Drehimpulses aus, das auch bei der Sternbildung wirksam ist.)

Damit müßten aber nun alle Sterne eine hohe Rotationsgeschwindigkeit zeigen und die Ausgangsfrage kehrt sich eigentlich um: Warum haben nicht alle Sterne deutliche Rotationsgeschwindigkeiten? So ist ja der Wert der Sonne von 2 km/s unwesentlich.

Die Abnahme der mittleren Rotationsgeschwindigkeiten bei den F-Sternen und den späteren Typen der Hauptreihe wird letzten Endes auf die Existenz der Wasserstoffkonvektion (Gasströme) in diesen Sternen zurückgeführt. Die Wasserstoffkonvektion hat zur Folge, daß die Sterne eine Korona ausbilden. Aus der Korona fließt Materie in Form des Sternwindes in den umgebenden Raum ab. Unter Mitwirkung von Magnetfeldern wird in einer derartigen, nach außen gerichteten Strömung so viel Drehimpuls abtransportiert, daß die Sternrotation bald abgebremst wird. Durch die magnetische Kopplung wird die schon weit vom Stern entfernte Materie des Sternwindes bei der Rotation „mitgeschleift“, was natürlich Energie kostet.

Für die Sterne der frühen Typen fehlt ein solcher Bremsprozeß, sie zeigen deshalb jene Rotationsgeschwindigkeiten, wie sie im Zuge des Kontraktionsvorganges bei der Sternbildung entstanden sind.

Abb. 1

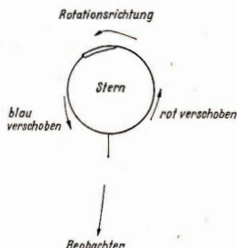


Abb. 2

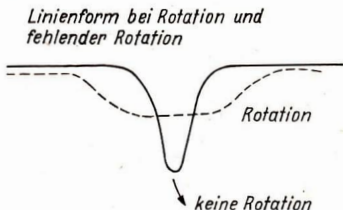
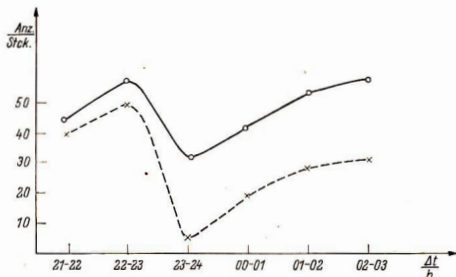


Abb. 3



Zu den geringeren Geschwindigkeiten der Riesen bezüglich der Hauptreihensterne kann gesagt werden: Wenn ein Stern sein Hauptreihenstadium abschließt, bläht er sich auf. Aufblähen, d. h. Volumenvergrößerung ist jedoch mit einer Verringerung der Rotationsgeschwindigkeit verbunden und deshalb haben die Riesensterne kleinere Rotationen. Um die Probleme der Sternrotation jedoch endgültig zu klären, sind vor allem noch detailliertere Beobachtungen notwendig.

Sm.

Aus der Literatur

Atmosphäre des Erdmondes

Allgemein wird gelehrt, daß der Mond keine Atmosphäre haben kann, da er auf Grund seiner kleinen Masse nicht in der Lage ist, gravitativ eine Gashölle festzuhalten. Trotzdem spricht man heute von der Existenz einer Mondatmosphäre. Wir dürfen in diesem Fall aber in der Nähe des Mondkörpers nur eine gegenüber dem interplanetaren Raum erhöhte Dichte der Gase erwarten und nicht eine Gashölle, die mit der irdischen Atmosphäre vergleichbar ist.

Bei den bisherigen Raumflugunternehmungen zum Mond konnten die Elemente Helium (^4He), Neon (^{20}Ne), Argon (^{36}Ar , ^{40}Ar , d. h. 2 Isotope) und Radon (^{222}Rn) nachgewiesen werden. Man nimmt an, daß das Helium der Mondatmosphäre durch den Sonnenwind zugeführt wird. Dann müßte allerdings auch Wasserstoff zu den Bestandteilen der Gashölle des Mondes gehören, den man bis heute noch nicht nachgewiesen hat. Argon und auch Radon entstehen im Mondgestein durch radioaktiven Zerfall.

Häufigkeitsmessungen für Helium ergaben eine Dichte von etwa 3000 Molekülen pro cm^3 über der Tagseite des Mondes. Für ähnliche Verhältnisse ist das ein ausgezeichnetes „Vakuum“. Die Nachseitenhäufigkeit des Helium ist um den Faktor 20 größer.

Für Argon fand man genau die umgekehrte relative Häufigkeit. Argon ist auf der Tagseite des Mondes häufiger vertreten als auf der Nachtseite.

Für die relative Heliumhäufigkeit gibt es folgende Erklärungsmöglichkeit: Die Dichte der Teilchen in der Mondatmosphäre ist so gering, daß es fast niemals zu Zusammenstößen zwischen den Atmosphärenteilchen kommt, sondern nur zu Stößen mit dem Mondboden. Auf der heißen Tagseite bekommen die Teilchen beim Stoß mit dem Boden viel Energie mit und können „große Sprünge“ machen, die die Teilchen oft bis auf die Nachtseite des Mondes führen. Auf alle Fälle werden die Teilchen mit sehr wenig Sprüngen auf die Nachtseite kommen. Stößt ein Teilchen auf der kalten Nachtseite mit dem Mondboden zusammen, erhält es sehr wenig Energie, und es kann nur „kleine Sprünge“ machen. Es benötigt sehr viele Sprünge, um von der Nachtseite wieder wegzukommen. Das bedeutet, daß die Verweilzeit und damit auch die Dichte der Heliumteilchen auf der Nachtseite viel größer ist als auf der Tagseite des Mondes.

Für das Argon ist ein anderer Effekt der wesentliche. Die Argonkonzentration sinkt nachts stark ab, steigt morgens steil an und erreicht bei Sonnenaufgang ein steiles Maximum. Der Grund dafür ist, daß der Mondboden Argon leicht absorbiert. Das Absorptionsvermögen des Bodens ist der Temperatur umgekehrt proportional. Bei den Temperaturen auf der Nachtseite des Mondes kann er etwa 100mal stärker absorbieren als bei den Temperaturen der Tagseite. Bei Sonnenaufgang werden die Argonatome deshalb in großem Umfang freigesetzt (steiles Maximum der Häufigkeit), kommen aber mit wenigen Sprüngen wieder auf die Nachtseite, wo sie in großem Maße wieder absorbiert werden.

Um Endgültiges und Umfangreicheres über die Atmosphäre des Mondes sagen zu können, bedarf es noch wesentlich mehr Beobachtungen.

Sm.

Mit dem bloßen Auge sichtbare Sonnenflecke

In Ausnahmefällen treten auf der Sonne Flecke auf, die man mit dem bloßen Auge sehen kann, wenn die Sonne durch natürliche Filter (Dunst in der Atmosphäre) oder ein geschwärztes Glas abgedunkelt ist. Es liegt nun eine Untersuchung vor, die überprüft, ob diese großen Flecke, die mindestens eine Ausdehnung von $1,5 \cdot 10^{-3}$ der sichtbaren Sonnenhalbkugel haben müssen, zufällig auftreten oder ob ihr Erscheinen gewissen Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Das Material, das untersucht wurde, stammt von den Observatorien Greenwich, Pulkowo und Rom und überdeckt den Zeitraum von 1874 bis 1971. Insgesamt traten in diesem Zeitraum 87 auffällige Sonnenflecke auf. Untersuchungsergebnisse sind:

- Die großen Flecke treten höchstens 2 Jahre vor und 4 Jahre nach dem jeweiligen Sonnenfleckenmaximum auf. Das bedeutet, daß die auffälligen Flecke den 11jährigen Häufigkeitszyklus der Sonnenflecke vollkommen wiedergeben.
- Während der Sonnenfleckenmaxima 1937, 1947 und 1957 traten die großen Flecke besonders häufig auf. Die über dem Durchschnitt liegende Häufigkeit betrug etwa den Faktor 3. Neben dem 11jährigen Sonnenfleckenzyklus kennen wir ja noch den 80jährigen, dessen Maximum etwa um die Zeit 1950 fällt. Die großen Flecken scheinen also auch den 80-jährigen Zyklus der Sonnenflecken darzustellen.

Sm.

Intergalaktische Materie innerhalb von Galaxienhaufen

Es ist eine bis heute nicht beantwortete Frage, ob Galaxienhaufen gravitationsstabil sind oder nicht, d. h. ob die in einem Galaxienhaufen konzentrierte Masse so groß ist, daß die Galaxien des Haufens durch die Anziehungskraft zusammengehalten werden. Wenn das nicht der Fall ist, würde sich ein Galaxienhaufen durch die Eigenbewegungen der einzelnen Mitglieder in relativ kurzer Zeit auflösen.

Summiert man die Massen der einzelnen Mitglieder der Haufen und vergleicht die so erhaltene Massenverteilung mit der Geschwindigkeitsverteilung der Einzelgalaxien, dann sprechen die Ergebnisse für die Instabilität der Haufen, d. h. nach etwa einer Milliarde Jahren hätten sich die Haufen aufgelöst. Auf Grund der noch zahlreich existierenden Haufen muß man aber annehmen, daß es noch zusätzliche Masse in den Haufen geben muß, die die Haufen zu stabilen Gebilden werden läßt.

Auf Grund dieser Überlegungen wurde nach intergalaktischer Materie in Galaxienhaufen gesucht. Mit dem 300-m-Radioteleskop in Arecibo auf Puerto Rico wurden die Galaxienhaufen im Herkules und in Coma Berenices auf Radioemission untersucht, die man auf vorhandene intergalaktische Materie zurückführen kann. Im Zentrum des Comahaufens fand man eine 24 Bogenminuten ausgedehnte Radioquelle. An der gleichen Stelle wurde danach eine optische Aufhellung gefunden und eine Röntgenquelle von 45 Bogenminuten Ausdehnung. Die Emissionsgebiete umschließen zwei Riesengalaxien des Comahaufens und könnten darum nur zu diesen gehörig angesehen werden. Es ist also fraglich, ob die Masse der gefundenen Quellen ausreichend ist, um den Comahaufen gravitationsstabil zu machen.

Beim Haufen im Herkules wurde ein Radioemissionsgebiet gefunden, das über die Grenzen des Haufens hinausgeht. Hier würde demnach möglicherweise ein großes Massenreservoir vorhanden sein, das den Haufen stabilisieren könnte.

Die Beobachtungen mit dem Arecibo-Radioteleskop sind ein Anfang auf dem Weg zur Klärung der obigen Frage aus der Beobachtung.

Sm.

Neuer Supernovamechanismus

Amerikanische Astronomen schlagen einen neuen Mechanismus für die Entstehung des Supernovaphänomens vor. Sie gehen von einem Doppelstern aus, der aus einem entwickelten Hauptreihenstern und einem weißen Zwerg besteht. Der Hauptreihenstern soll dann seine Entwicklung zu roten Riesen durchlaufen. Damit wird das dynamische Verhalten des Doppelsystems sich ändern. Wegen der großen Ausdehnung des roten Riesen werden Gezeitenkräfte eine große Rolle spielen und es kann dazu kommen, daß es für den weißen Zwerg keine stabilen Umlaufbahnen mehr gibt. Der weiße Zwerg wird dann auf seiner spiralförmigen Bahn in den Kern des roten Riesen stürzen. Die dabei auftretende Energie liegt gerade in der Größenordnung, wie sie bei einem Supernovaausbruch freigesetzt wird.

In diesem Zusammenhang muß aber nun untersucht werden, wieviel Doppelsystemen gibt es, die aus einem Hauptreihenstern und einem weißen Zwerg bestehen, die also für die Zukunft supernovaverdächtig sind? Diese Häufigkeit muß dann mit der Häufigkeit der aufgetretenen Supernovae verglichen werden. Unter diesen Gesichtspunkten wäre ja auch das bekannte Siriusystem für die Zukunft supernovaverdächtig.

Sm.

Supernovae und Geochemie

Welche Folgen könnte eine Supernovae für unsere Erde haben? Eine Frage, die uns bedeutungslos erscheint, da sich derartige kosmische Ereignisse im allgemeinen in sehr großer Entfernung abspielen. M. A. Rudermann von der Columbia-Universität glaubt jedoch, daß das Problem nicht rein akademisch sein dürfte. Nach Schätzungen erfolgen Supernovae-Explosionen im Umkreis von 50 Lichtjahren einmal in einigen Hundert Jahrmillionen. Da die Erde mehr als 4,5 Milliarden Jahre alt ist und lebende Organismen auf ihr seit über 3 Milliarden Jahren existieren, lohnt es sich nach Rudermann, die Auswirkungen einer Supernova-Explosion auf unseren Planeten zu durchdenken.

In 30 km Höhe umgibt heute eine Schicht Ozon (O_3) die Erde und absorbiert aus dem Sonnenlicht das für Lebewesen gefährliche Ultraviolett. Ozon ist ein relativ labiles Molekül, welches mit anderen Molekülen relativ leicht reagiert, so z. B.: $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$.

Diese Reaktion ist heute sehr aktuell, da Abgase erhebliche Mengen von Stickstoffoxiden enthalten und damit die Ozon-schicht angreifen können. Kernexplosionen in der Atmosphäre und ionisierende Strahlung führen auch zu verstärkter Stickstoffoxydoxidbildung. Bei einer Supernova-Explosion steigt die ionisierende Strahlung erheblich an.

Rudermann denkt daran, daß bei einer Reduktion der Ozonschicht Strahlungsschäden verschiedener Art auftreten könnten. Eine erhöhte UV-Einwirkung kann die DNA-Struktur von Lebewesen beeinflussen. Nach Rudermann gehen bis 30 % der gegenwärtigen Stickstoffoxydoxidbildung auf kosmische Strahlung zurück.

Die Explosion einer Supernova in 50 Lichtjahren Entfernung würde den Wert der jährlichen Ionisation durch harte Röntgenstrahlung um mehr als das Dreihundertfache ansteigen lassen. Die zusätzliche kosmische Strahlung dürfte etwa hundertmal größer als normal sein. Die Ozonkonzentration würde auf Werte zwischen 60 und 3 % des Normalen absinken.

Sicher ist gegenwärtig mit einem solchen kosmischen Ereignis kaum zu rechnen. Aber in geologischer Vergangenheit könnten Supernova-Explosionen die Erklärung für manche bisher nicht erklärare Veränderungen im biologischen Geschehen bieten.

Bz.

Nach: New Scientist 62, 667, 1974; Naturwiss. Rdsch. 10, 1974.

Skylab-Werkstoffversuche

Das umfangreiche Experimentenprogramm des Skylab-Projektes enthielt auch 15 werkstoff-wissenschaftliche Versuche. Diese lassen sich in 2 Hauptgruppen einteilen:

1. Schmelzen, Verfestigen, Lüten von Metallen und Züchten von Kristallen,
2. Herstellung und Verarbeitung von Metallen unter den speziellen Bedingungen der Schwerelosigkeit (0-g).

Es lassen sich im Weltraum durch den Wegfall der gravitationsinduzierten Sedimentation von einzelnen Bestandteilen flüssiger Metallgemische und Verbundwerkstoffe und die Eliminierung jeglicher thermischer Konvektion Materialien erzeugen und verarbeiten, deren Herstellung auf der Erde (1-g) beim augenblicklichen Wissensstand nicht, oder nur in milderer Qualität möglich ist.

Die Auswertung dieser Experimente bestätigten die Erwartungen weitgehend: Im allgemeinen waren die Eigenschaften der Skylab-Werkstoffproben besser als die auf der Erde unter sonst gleichen Bedingungen gefertigten Vergleichsproben. Im Experiment M 560 wurde ein Einkristall mit auf der Erde unerreichbar glatter und homogener Oberfläche gewonnen. Die Rauigkeit der Oberfläche liegt unter 100 Å.

Ähnlich erfolgreich verliefen auch die anderen Werkstoffexperimente. Lediglich das Experiment M 566, die 0-g-Herstellung gerichtet eutektischer Legierungen, zeigte bisher keine eindeutigen Vorteile der Weltraumproben gegenüber den irdischen Vergleichsproben.

Übersicht über die Skylab-Werkstoffversuche

- M 551 Schmelzen von Metallen
- M 552 Exothermlöten
- M 553 Erzeugung von Metallkugeln
- M 479 Entflammbarkeit bei 0-g
- M 556 Wachstum von II-VI-Kristallen in der Dampfphase
- M 557 Bei 1-g nicht mischbare Legierungsbestandteile
- M 558 Radioaktiver Spurennachweis
- M 559 Mikroseggregation von Germanium
- M 560 Wachstum von kugelförmigen Indium - Antimonidkristallen
- M 561 Whisker-verstärkte Composite-Werkstoffe
- M 562 Indium-Antimonidkristalle
- M 563 Wachstum von III-V-Mischkristallen
- M 564 Eutektische NaCl-NaF-Mischungen
- M 565 Schmelzen und Erstarren von porösen Silberproben
- M 566 Kupfer-Aluminiumlegierungen

Bz.

Nach: Naturwiss. Rdsch. 10, 1974.

Kostenersparnisse in der Raumfahrtforschung

Die Entwicklungen der letzten Jahre in den USA zeigen, daß neuere Weltraumprojekte unter dem Begriff „Wirtschaftlichkeit“ konzipiert werden.

Bei der Entwicklung des Raumgleiters (Space Shuttle Programm) gelang eine wesentliche Kostenersparnis dadurch, daß für die geplanten 77 Missionen nur 21 Standard-Module mit 24 Untermodellen konstruiert werden mußten, wobei die Nutzmasse auf 2000 kg pro Satellit ausgelegt wurde.

Bz.

Nach: Naturwiss. Rdsch. 10, 1974.

Erste städtische Sternwarte in Italien

In der kleinen norditalienischen Stadt Soresina bei Cremona wurde Anfang Juni 1974 auf dem Gebäude der Schule die erste städtische Volkssternwarte in Italien eröffnet. Sie wird dem Schulunterricht, der öffentlichen Beobachtung sowie der fachlichen Unterweisung dienen. Der von Amateuren hergestellte 30-cm-Spiegel besitzt eine gute Qualität und ist mit einer

geschickt konstruierten elektronischen Nachführung ausgestattet. Auf dem Gebiet der fachwissenschaftlichen Arbeit wollen sich die Mitarbeiter der Sternwarte der fotoelektrischen Fotometrie veränderlicher Sterne widmen.

Az.

Nach: „Říše Hvězd“ (ČSSR), 8/74.

Radioemission des Planetoiden Ceres

Bei den Messungen mit dem Interferometer des Amerikanischen Nationalen Radioastronomischen Observatoriums wurde auf der Wellenlänge von 3,7 cm im Verlaufe von vier Tagen im April 1972 beim Planetoiden Ceres eine Radiostrahlung festgestellt. Dies wurde in der Zeitschrift *The Astrophysical Journal* (184, 637; 1973) von F. H. Briggs vom Nationalen Astronomischen und Ionosphärischen Zentrum der Cornell-Universität in Ithaca (New York) bekanntgegeben. Aus den Messungen wurde eine äquivalente Temperatur der Scheibe von 160 ± 53 K bestimmt, was übereinstimmt mit dem erwarteten Wert für die Wärmestrahlung. Die genannte Temperatur wurde auf der Voraussetzung eines Planetoidendurchmessers von 1025 km ermittelt, zu dem im vergangenen Jahr D. Morrison mittels Polarisationsmessungen im Infraroten und optischen Bereich des Spektrums gelangte.

Az.

Nach: „Říše Hvězd“ (ČSSR), 8/74

Asymmetrie der Saturnringe

Mittels spektrofotometrischer Messungen am 127-cm-Spiegelteleskop auf dem Krimobservatorium stellte N. A. Kosyrew eine Ost-West-Asymmetrie bei den Saturnringen fest.

Das Beobachtungsmaterial, das während der fünf Saturnoppositionen von 1968 bis 1972 gewonnen wurde, zeigt einen Anstieg der Helligkeit, die manchmal im östlichen, das andere Mal im westlichen Teil des Ringsystems beobachtet wurde.

Die Helligkeitszunahme des östlichen Teils hing nicht von der beobachteten Wellenlänge ab, sondern änderte sich mit der Zeit und vergrößerte sich mit der Öffnung des Ringsystems (mit der Vergrößerung der scheinbaren kleinen Achse).

Die Zunahme der Helligkeit des westlichen Ringsystemteils hing von der Wellenlänge ab und war am deutlichsten ausgeprägt im kurzwelligen Bereich des Spektrums. Die Aufhellung des westlichen Teils war dagegen nicht von der Beobachtungsperiode abhängig.

Nach Kosyrew ist der Effekt der Helligkeitszunahme des östlichen Ringsystemteils möglicherweise darauf zurückzuführen, daß Wasserstoff auf den Staubteilchen des Ringsystems beim Durchgang durch den Saturnschatten kondensiert. Die Teilchen erscheinen dann heller als im westlichen Teil, die erst in den Saturnschatten eintreten.

Der Effekt der Helligkeitszunahme des westlichen Teils kann möglicherweise auf den Saturnmond Iapetus zurückzuführen sein. Die Veränderungen im Magnetfeld des Planeten können eine Beeinflussung der Orientierung der Teilchen im Ringsystem hinsichtlich der Saturnachse bewirken. Die verschiedenartigen magnetischen Besonderheiten der Teilchen können dann die festgestellte Asymmetrie bewirken.

Az.

Nach: „Říše Hvězd“ (ČSSR), 10/74.

„Schwarze Löcher“ im Labor?

Seit wieviel Jahren jagen die Wissenschaftler den Gravitationswellen und ihren Trägern, den berühmten Gravitationen nach und versuchen, sie zu entdecken! Albert Einstein hat die Gravitationswellen in der allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagt. Theoretisch müßten sie auch in meßbaren Mengen bei plötzlichen Änderungen der Masse eines Körpers und seiner Lage im Raum auftreten. Die Physiker richteten ihren Blick und ihre Geräte deshalb in den endlosen Weiten des Weltraums. Dort, wo Sterne entstehen und untergehen, wo gewaltige Materiewirbel den endlosen Raum durchziehen, müssen starke Quellen von Gravitationswellen entstehen. Ein Echo dieser Ereignisse müßte früher oder später unseren Planeten erreichen.

Ungeduldig warten die Wissenschaftler auf ihrer Meinung nach nicht so seltene Ereignisse wie den Zusammenstoß zweier Kollapsare. Das sind überdicke Gebilde mit der Bezeichnung „schwarze Löcher“. Da sie eine so ungeheure Masse haben, können keine Lichtstrahlen aus ihrem Gravitationsfeld ausdringen. Stoßen sie zusammen, müßten gewaltige Energiemengen freierwerden. Die Astronomen sind der Meinung, daß im Mittelpunkt einer Galaxis „schwarze Löcher“ real existieren und derartige Wechselwirkungen auftreten können.

Skeptiker jedoch glauben nicht, daß es diese Kollapsare tatsächlich gibt.

Deshalb wäre es wünschenswert, wenn man Quellen von Gravitationswellen in unserer Nähe finden könnte. Oder könnte man im Labor auf der Erde „schwarze Löcher“ erzeugen und ihre Funktion steuern?

Den Mitarbeitern des Staatlichen Astronomischen Sternberg-Instituts L. Grischuk und M. Sashin ist dies gelungen. Allerdings vorerst theoretisch, doch wahrscheinlich ist diese Aufgabe auch technisch realisierbar.

Als Grundlage für ihre Anlage benutzten die Moskauer Astrophysiker einen ganz gewöhnlichen Resonator, eine Strahlungsquelle für elektromagnetische Wellen. Scheinbar ist das nichts Neues. Bekanntlich versetzt das elektromagnetische Feld eines Resonators durch seine Wechselwirkung mit den Resonatorwänden diese in Schwingung, so daß Gravitationswellen erzeugt werden. Wie stark sind jedoch diese Wellen? Wieviel Resonatoren sind erforderlich, um diese Wellen zu messen?

L. Grischuk und M. Sashin stellten genaue Berechnungen an und stellten fest, daß 1000 in Reihe geschaltete supraleitende

Resonatoren einen Strom von Gravitonen erzeugen können, die auf einer kleinen Fläche von 1 cm^2 gebündelt sind. Wird nun im Zentrum dieser Fläche das Gerät eingesetzt, mit dem die Physiker das Weltall bereits unzählige Jahre auf der vergeblichen Suche nach Gravitationswellen durchforschen, können sie vielleicht endlich den Gravitonen auf die Spur kommen.

Aus „Snanije-Sila“ 3/74, nach PdSU 50/74.

Ursprung von Kometen

Fußend auf dem allgemein anerkannten Zusammenhang von Kometen und Meteorströmen, legten kürzlich Alfven und Mendis neuen Diskussionsstoff zum Ursprung von Kometen vor. Beide Astronomen machen darauf aufmerksam, daß der Komet P/Temple-Tuttle erst seit dem Jahr 1866, der zugehörige Leonidenstrom aber schon seit Jahrhunderten bekannt ist. Desgleichen werfe die ungleiche Dauer des Bekanntseins des Kometen P/Swift-Tuttle und des Perseidenstromes ähnlich die Fragestellung auf, ob die bisher allgemein vertretene Ansicht noch haltbar sei. Vielmehr könne dies auch umgekehrt der Fall sein. In diese Ansicht passe auch der Befund, daß bei zahlreichen Kometen keine Kerne beobachtet werden können. So wäre die Bildung von Kometen auch durch Annäherung von Meteorstrompartikeln infolge unelastischer Stöße denkbar. Die Hypothese beantwortet vor allem auch die Frage nach der Herkunft kurzperiodischer Kometen, deren Auftreten bis heute aus durch Planetenmassen verursachten Bahnstörungen langperiodischer Kometen erklärt wird. Allerdings ist gegenüber der größeren Zahl kurzperiodischer Kometen diese Deutung stets unbefriedigend geblieben.

K. F.

Nach: „Sterne und Weltraum“ 4/1974.

Milchstraßensystem und Magellansche Wolken intergalaktisch miteinander verbunden

Im Anschluß an den Nachweis von Wasserstoff-Wolken in höheren nördlichen galaktischen Breiten konnten von Mathewson, Cleary und Murray solche nun auch an der südlichen Hemisphäre beobachtet werden. Mit Hilfe des 18-m-Radioteleskops in Parkes, New South Wales (Australien) gelang den Wissenschaftlern der Nachweis eines sich senkrecht zur galaktischen Ebene hin erstreckenden Bogens von Wasserstoffgas. Dieser Bogen stellt praktisch eine Verbindung unseres Milchstraßensystems mit den extragalaktischen Systemen der Magellanschen Wolken dar und reicht mithin bis in eine Entfernung von 50 bis 60 kpc.

Der Beobachtungsbefund wird mit Gezeitenwirkungen in Verbindung gebracht, die bei einem vor etwa 500 Mill. Jahren stattgefundenen nahen Vorübergang der Magellanschen Wolken an unserem Sternsystem zwei Filamente aus Wasserstoffgas nach sich gezogen haben müßten – ähnlich der Gezeitenkräfte von Mond und Sonne, die zu zwei entgegengesetzt auftretenden Flutbergen auf der Erde führen (Gezeitendeformation). Modellrechnungen von A. und J. Toomre bestätigen grundsätzlich solche Annahmen. Nach Mathewson bestanden die Filamente ursprünglich aus etwa 10^6 Sonnenmassen und bewegten sich von der galaktischen Ebene fort. Nach Abbremsung der Gasmassen beobachtet man nach Meinung der Autoren gegenwärtig das Zurückströmen der Wasserstoff-Wolken mit hohen Geschwindigkeiten in Richtung der galaktischen Scheibe.

Neben der weiteren radioastronomischen Beobachtung wird nunmehr an der optischen Identifizierung der „intergalaktischen Brücke“ gearbeitet.

K. F.

Nach: „Sterne und Weltraum“ 7/1974.

Megalithische Kunstgalerie mit Sonnenbeleuchtung

Auf dem jungsteinzeitlichen Friedhof in County Meath, Irland, befindet sich ein Grab mit der Bezeichnung Newgrange. Es besteht aus einem mächtigen, künstlich aufgehäuften Hügel von Steinen, der eine Höhe von 80 m erreicht. Ein horizontaler Gang führt 19 m in den Grabhügel, an dessen Ende sich eine große Kammer (3 m breit und 6 m hoch) befindet. Kleinere Seitennischen schließen sich an den drei Seiten an. Die Nischen dienen zur Aufbewahrung der eingeäscherten Reste der Verstorbenen. Mittels der C^{14} -Methode konnte das Alter des Grabes auf 5200 ± 100 Jahre bestimmt werden.

Mit seinen kunstvollen Ornamenten auf den Steinen kann Newgrange mit einer megalithischen Kunstgalerie verglichen werden. Seine Besonderheit erhält das Grab durch eine Öffnung oberhalb des Einganges. Zur Zeit der Wintermitte fallen die Strahlen der aufgehenden Sonne durch diese Öffnung und erhellen das Ende des 19 m langen Ganges. Dann wird der dekorative Stein in der rückwärtigen Nische beleuchtet. Als 1969 dieses Schauspiel beobachtet wurde, dauerte der Beleuchtungseffekt 17 Minuten.

Ob dieses Ereignis bereits in der Steinzeit so stattgefunden hat wie heute, wurde von J. Patrick untersucht. Das Einfallen der Sonnenstrahlen in die Grabkammer geschieht nur dann, wenn die Deklination der Sonne zwischen $-22^{\circ}58'$ und $-25^{\circ}53'$ beträgt. Offenbar hat die Sonne schon immer seit der Errichtung des Grabes durch den Flur auf die Kammer geschienen. Dieses Schauspiel wird auch in Zukunft zu sehen sein, unabhängig von der säkularen Änderung der Schiefe der Ekliptik. Es kann etwa 20 Tage um die Wintersonnenwende beobachtet werden.

Az.

Nach: Sterne und Weltraum 12/1974.

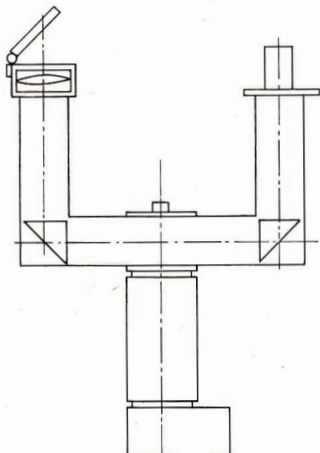


Abb. 1: Gabelfernrohr nach B. Wedel

Transportable Instrumente

Für Amateurastronomen haben transportable, möglichst tragbare Instrumente eine besondere Bedeutung. Viele Sternfreunde haben keine Gelegenheit, ein Gerät unter günstigen Beobachtungsbedingungen fest aufzustellen. Sie sind darauf angewiesen, mit ihrem Fernrohr am Abend vor die Stadt zu ziehen, oder nehmen es mit in den Urlaub. Aber auch Volkssternwarten veranstalten gelegentlich Exkursionen in Gebiete mit idealem Beobachtungswetter. Für diese Zwecke sind vielfältige Konstruktionen erdacht und gebaut worden.

Ein transportables Fernrohr sollte folgende Eigenschaften haben:

1. Montage und Demontage sollen möglichst einfach sein, noch besser ist es, wenn das Fernrohr gar nicht zerlegt werden muß.
2. Die Aufstellung sollte auch auf unebenem Boden möglich sein.
3. Die Justierung der Stundenachse muß sich schnell und präzise durchführen lassen.
4. Die Leistung des Fernrohrs soll so groß wie möglich sein, Gewicht und Abmessungen aber minimal.

Eine entsprechende Lösung ist das Gabelfernrohr nach B. Wedel. Das Fernrohr wiegt 3,3 kg und hat in einer Aktentasche Platz. Die optische Achse ist zur Stundenachse justiert, so daß das Einstellen auf den Himmelspol leicht und schnell erfolgt. Es dient in erster Linie als Leitrohr für Aufnahmen mit der Kleinbildkamera. Zum Einstellen eines hellen Leitsterns dient ein vor dem Fernrohrobjektiv befindlicher dreh- und schwenkbarer Spiegel (Abb. 1).

Bz.

Nach: Sterne und Weltraum 13/1966.

Elf neue Pulsare

Elf neue Pulsare sind mit dem Radioteleskop von Arecibo (Puerto Rico) innerhalb von nur 150 Stunden entdeckt worden. Drei der neuen Pulsare sind offensichtlich sehr jung, denn ihre Impulsperiode ist mit etwas mehr als 0,25 Sekunden relativ kurz. Einer der Pulsare liegt in einem schon früher als Supernova-Überrest identifizierten Nebel. Damit wird erneut die Theorie untermauert, daß es sich bei den Pulsaren um rasch rotierende Neutronensterne handelt.

Nach ND, 1. 2. 75

Atmosphäre auf dem Merkur

Der Merkur besitzt eine dünne Lufthülle, deren Druck an der Oberfläche etwa ein Zehntausendstel dessen der Erdatmosphäre beträgt. Das hat der sowjetische Physiker Iwan Kiladse bei der Beobachtung des sonnennächsten Planeten festgestellt. Wie der Wissenschaftler berichtete, wurden die Beobachtungen 1970 und 1973 vorgenommen, als der Merkur zwischen Erde und Sonne stand und als dunkle Scheibe vor der Sonne zu sehen war. Dabei sei es gelungen, die Eigenschaften des Planeten, „randes“ zu untersuchen, die Aufschlüsse über die Existenz der Atmosphäre lieferten.

Dieser Nachweis der Atmosphäre auf dem Merkur ist nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von praktischem Wert. So können künftige Merkursonden unter Berücksichtigung der Möglichkeit einer weichen Landung durch aerodynamische Abbremsung konstruiert werden.

Nach ND, 25. 1. 75

Pulsarforschung

Für die Pulsarforschung wird gegenwärtig das größte Radioteleskop der Welt „UTR-2“ eingesetzt, das in der Nähe von Charkow steht. Mit Hilfe dieses Teleskops lassen sich die „Stimmen“ der Pulsare ungeachtet kosmischer und irdischer störender Einflüsse exakt aufzeichnen. Dabei wurden erstmalig Radiimpulse dieser fernen kosmischen Objekte auf Frequenzen von 10 bis 25 Megahertz fixiert.

Nach ND, 1. 2. 75

Heißester Zwergstern

Die genaue Messung der Helligkeit des Sirius-Begleiters Sirius B hat ergeben, daß dieser 8^{te} Helligkeit hat, bisher war er in eine Helligkeit von 8,5 eingestuft worden. Ein Astronom vom Observatorium der Universität Wien schließt daraus, daß es sich bei Sirius B tatsächlich um den lichtstärksten und heißesten „weißen Zwergstern“ handelt, der bekannt ist.

Nach ND, 1. 2. 75

Alkohol im Weltraum

Reiner Alkohol ist von Astronomen des Kitt-Peak-Observatoriums in Tucson (Arizona, USA) entdeckt worden. Der Äthylalkohol ist Bestandteil des 30000 Lichtjahre von der Erde entfernten riesigen Gasnebels „Sagittarius B2“, der hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. Die Entdeckung gelang auf Grund von Spektralanalysen der empfangenen Radiostrahlung. Der Alkoholanteil ist allerdings sehr gering, auf ein Alkoholmolekül kommen 1000 andere Gasmoleküle.

Nach ND, 14. 12. 74

Mars-Farbbilder

Die Auswertung der durch die sowjetischen Sonden MARS 4 und MARS 5 zur Erde übertragenen Bilder, die in verschiedenen Spektralbereichen aufgenommen worden sind und danach zu Farbbildern zusammengesetzt werden konnten, brachten überraschende Ergebnisse: Die Ebenen sind orangefarbig und die Gebirgsmassive blau. Auch die Windungen eines ausgetrockneten „Flußbettes“, dessen Alter auf etwa eine Milliarde Jahre geschätzt wurde, konnten gefunden werden. Einige Gebirgskzüge lagen zwischen 8000 und 11000 Metern über dem umgebenden Niveau.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 1/75

Farbige Mondkarten

Das Astronomische Observatorium der Staatlichen Universität Charkow und das Institut für Raumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR haben gemeinsam eine Serie farbiger Karten veröffentlicht, auf denen die optischen Eigenschaften der Oberfläche der sichtbaren Halbkugel des Mondes dargestellt werden. Die Karten wurden nach Mondphotographien zusammengestellt, die bei Vollmond, wenn der Mond eine maximale Helligkeit erreicht, aufgenommen wurden.

Aus: „Priroda“ Nr. 11/74 nach PdsU 7/75

Der Durchmesser der Sterne

Der Durchmesser der Sterne ist eine sehr wichtige Zustandsgröße. Die genaue Kenntnis des Durchmessers von Einzelobjekten erlaubt eine Errechnung der Leuchtkraft, wenn zusätzlich die effektive Temperatur bekannt ist. Der Sterndurchmesser gehört aber zu den am schwersten durch Beobachtung bestimmbar Zustandsgrößen. Wegen der großen Entfernung der Fixsterne sind die Winkeldurchmesser so gering, daß sie mit normalen geometrischen Methoden nicht mehr gemessen werden können. Dies soll ein Beispiel verdeutlichen.

Die Sonne hat einen tatsächlichen Durchmesser von 1,3 Millionen km. Wir sehen sie mit einem Winkeldurchmesser von etwa 30 Bogenminuten. Würde die Entfernung der Sonne aber 1 pc betragen, so könnten wir sie nur mit einem Winkeldurchmesser von 0,01 Bogensekunde sehen. Diesen kleinen Winkeldurchmesser kann man mit keinem Teleskop beobachten.

Bei einem 1-m-Teleskop würde das Beugungsbild der Sonne 0,1 Bogensekunde betragen, wenn die Sonne 1 pc entfernt wäre. Das Beugungsbild wäre schon 10 mal so groß wie der tatsächliche Winkeldurchmesser. Hinzu kommt, daß das Bild durch die Luftunruhe zusätzlich noch vergrößert wird.

Die einzige Möglichkeit, Sterndurchmesser doch zu beobachten, gibt der Gebrauch von Interferometern. Bei dieser Methode werden zwei Teleskope zur Beobachtung verwendet und die empfangene Strahlung einer Strahlungsquelle wird dann kombiniert.

Mit Hilfe optischer Interferometer wurden in Australien Durchmesser von 32 Sternen beobachtet. Die folgende Tabelle gibt eine Auswahl der Beobachtungsergebnisse. Die Sterndurchmesser sind in tausendstel Bogensekunden gegeben.

Stern	Durchmesser	Entfernung in pc	Spektraltyp	Leuchtkraftklasse
α Car	6,6	55,5	F ₀	I b – II
α CMa	5,9	2,67	A ₀	IV
α Lyr	3,24	8,1	A ₀	V
β Ori	2,55	43,5	B ₂	V p
β Leo	1,33	13,2	A ₂	V
α Vir	0,87	4,76	B ₁	IV
κ Ori	0,48	111	B ₂₋₃	I a

Die kleinsten gemessenen Durchmesser betragen 0,005 Bogensekunden. Der mittlere Fehler einer Messung liegt etwa bei 10%. Diese Beobachtungsmethode wird unsere Kenntnisse über die wichtige Zustandsgröße Durchmesser bald wesentlich vermehren.

Sm.

Neue Marshypothese

Eine neue Hypothese über die großen Gräben und flußlaufähnlichen Gebilde, die auf den Fotos der sowjetischen MARS-Sonden sowie denen der amerikanischen Mars-Sonde MARINER 9 zu erkennen sind, haben amerikanische Wissenschaftler aufgestellt. Sie sind der Meinung, daß sich in geologisch junger Zeit auf dem Mars ein riesiger Wasserausbruch aus dem Inneren des Planeten ereignet habe, der zu einer gewaltigen Überflutung großer Teile dieses Planeten führte. Infolge der tiefen Temperatur und der äußerst geringen Atmosphäre ist dieses Wasser, nachdem es bestimmte Erosionserscheinungen hervorrief, relativ schnell verdunstet und in den kosmischen Raum diffundiert. Kurzzeitig könnten sich dabei auch gletscherähnliche Gebilde entwickelt haben. Beweise für diese Hypothese, die fast alle auf dem Mars zu beobachtenden Erscheinungen erklären könnte, gibt es allerdings nicht.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 2/75.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Pioneer-Sonden zur Venus

1978 beabsichtigt die NASA, zwei Pioneer-Raumsonden zur Venus zu starten. Von der ersten Sonde sollen ein Jahr lang Daten aus einer stark elliptischen Umlaufbahn übertragen werden. Die zweite Sonde wird eine größere sowie drei kleinere Tochterkapseln ausstoßen, die zusammen mit der Muttersonde in die Venusatmosphäre eindringen und von hier während eines etwa einstündigen Sinkfluges zur Planetenoberfläche Daten übertragen. Hauptziel beider Missionen sind Untersuchungen der Venusatmosphäre.

h-11

Nach: das elektron, Heft 17 – 18/1974, S. 288.

Berichtigung

In Heft 6/74, Seite 179, 24. Zeile, muß es statt $120^\circ \pm 250^\circ$ richtig heißen: $120^\circ \pm 25^\circ$.

Buchbesprechung

Prinzipien der Dynamik

Mit der vorliegenden Publikation ist jetzt das 4. Heft der Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Kosmische Physik erschienen. Die Reihe wurde begonnen mit dem Heft „Zur Geschichte der Erde und des Kosmos“. Der Autor des vorliegenden Heftes ist ein über die Grenzen der DDR hinaus bekannter theoretischer Physiker, der sich mit den Problemen der relativistischen Physik beschäftigt.

Mit den „Prinzipien der Dynamik von Einstein, Hertz, Mach und Poincaré“ wendet er sich in erster Linie an den Fachmann. Das Lesen der Veröffentlichung verlangt umfangreiche mathematische Kenntnisse und viel Wissen um Zusammenhänge der Relativitätstheorie und theoretischen Physik. In einer umfangreichen Einleitung geht es um „Die Relativität der Beschleunigung und der Trägheit“. Im Teil 1 des Buches setzt der Autor sich dann mit der „Fernwirkungsdarstellung der Trägheitsrelativität“ auseinander, im Teil 2 mit der „Retardierung der Gravitationswirkung“.

Der Autor hat das Ziel, in enger Anlehnung an Einsteins Grundideen Einsichten in die Natur der Trägheit und der Gravitation zu geben. Diese Einsichten wird auf Grund der vorliegenden Veröffentlichung aber nur der erhalten, der durch seine physikalischen und mathematischen Vorkenntnisse zumindest das Handwerkszeug zur Beschäftigung mit den behandelten Problemen in der Hand hält.

Sm.

H.-J. Treder: Über Prinzipien der Dynamik von Einstein, Hertz, Mach und Poincaré (Zur Geometrisierung der Relativität der Beschleunigung und der Trägheit), Heft 4 der Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Kosmische Physik der Akademie der Wissenschaften der DDR.

Akademie-Verlag, Berlin, 1974, Preis 14,30 M

Winter 1975

3¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt · Karl-Heinz-Neumann	65
Die Spiralstruktur extragalaktischer Sternsysteme · Dipl.-Astr. Jürgen Reiche	73
Frage und Antwort	78
Konvention über die Registrierung von Weltraumflugkörpern · Prof. Dr. Gerhard Reintanz	79

Bildteil

Abb. zu Spiralstruktur extragalaktischer Sternsysteme und Aufnahmen des Kleinplaneten Eros I—IV

Amateure beobachten und berichten

Ermittlung der Wandrichtung für eine deklinierende Vertikal-(Süd-)Sonnenuhr durch Sonnen-zeitazimutbeobachtung · Willi Hanke	81
Eine drehbare Sternkarte im Taschenformat · Werner Hänert	90
Beobachtung des GRF auf Jupiter 1974 · Hartmut Bretschneider	92
Helles Meteor beobachtet · Uwe Bergmann	92

Kurzberichte

Lichtbildreihe „Astronomie“ zurückgezogen – Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg:	
Leitungswechsel – Die Volkssternwarte Drebach	93
Ausstellung in Röbel – Zur Gründung eines Bezirksfachausschusses Astronomie Neubrandenburg	94

Aus der Literatur

„Besuch“ auf Komet Halley?	94
Salut 4: Das Experiment „Emission“ – Phobos kehrt Mars immer die gleiche Seite zu	95
Lebensformen auf Jupiter? – Effelsberg geringere Leistung? – Mehr Hinweise auf extraterrestrisches Leben – Das Raumfahrtprojekt Spacelab – CTS – ein neues kanadisches Nachrichtensatellitenprojekt	96
Algerien nutzt Intelsat-Satelliten für Inland-Nachrichtenverkehr – Kohoutek kam von außerhalb unseres Sonnensystems	3. Umschlagseite
Pioneer 11 jetzt auf einer Flugbahn zum Saturn – Projekt Arab Communication Satellite	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 25. 3. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Ol. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill, Pionier- und Volkssternwarte, 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation, „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Hefen. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

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

Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt

KARL-HEINZ NEUMANN

Nach dem 2. Weltkrieg: Großraketen

Vor 30 Jahren brach das faschistische Deutschland unter den Schlägen der Sowjetarmeen zusammen. Einen nicht unwesentlichen Anteil daran hatten jene sowjetischen Wissenschaftler und Konstrukteure, die bis zum faschistischen Überfall Raketen für Forschungszwecke konstruiert hatten und von diesem Zeitpunkt an ihre ganze Kraft zur Stärkung der Roten Armee einsetzten.

Eine der von den Faschisten am meisten gefürchteten Waffen entstand in Werkstätten, in denen Wissenschaftler vorher vom Flug in den kosmischen Raum geträumt hatten. Es war die bekannte Katjuscha, auch Stalinorgel genannt, die am 14. Juli 1941 von der 20. sowjetischen Armee bei Orscha erstmalig zum Einsatz kam. Dieser erste Raketenwerfer vom Typ BM-13 besaß 16 Rohre. Die Feststoffraketen vom Typ M-13 hatten ein Kaliber von 127 mm und eine Masse von 42 kp. Die Schußweite betrug 8700 Meter. Eine Batterie bestand aus fünf Katjuschas und konnte somit 80 Raketen in einer Salve abfeuern. Die Sowjetunion setzte 500 Divisionen dieser Raketenartillerie ein.

Zu den 20 Millionen Todesopfern, die das sowjetische Volk zu beklagen hatte, zählten auch einige Raketenpioniere. W. Kondratjuk fiel in der Schlacht um Moskau; gefallen ist ebenfalls M. S. Kisenko, ein bekannter Raketentechniker; bei der Belagerung von Leningrad kam J. I. Perelman ums Leben, der unermüdlich dafür gearbeitet hatte, die Raumfahrt in der Öffentlichkeit bekannt zu machen; sein Leben opferte auch N. A. Rynin, ein Theoretiker der Raketentechnik.

Sergej Pawlowitsch Koroljow, der spätere Chefkonstrukteur der sowjetischen Raketen und Raumflugkörper, arbeitete während des Krieges in einem Kollektiv, in dem Starthilfsflüssigkeitsraketen für Jagdflugzeuge entwickelt wurden. Bei der von W. P. Gluschko geleiteten Gruppe war Koroljow Stellvertretender Chefkonstrukteur. Es wurden folgende Starthilfsrakentypen entwickelt: RD-1, RD-1×3, RD-2 und RD-3.

Vor 30 Jahren also, nach dem Tag der Befreiung für die vom deutschen Faschismus okkupierten europäischen Territorien und deren Völker, konnten sich die sowjetischen Wissenschaftler und Techniker wieder friedlichen Entwicklungszielen zuwenden. Koroljow schuf jetzt ein Kollektiv, welches sich der Entwicklung von Großraketen widmete. Er griff dabei auf Erfahrungen zurück, die vor dem Kriege gesammelt worden waren. Verständlicherweise gab es große Schwierigkeiten, denn viele Städte und Dörfer waren zerstört, auch die Industrie mußte neu aufgebaut werden.

Entwicklungsbedingungen in den USA

Für die Entwicklung der Raketentechnik in den USA bestanden ungleich günstigere Bedingungen. Bei der Aktion „Paper Clip“ nahmen die USA über hundert der führenden Wissenschaftler des faschistischen Deutschlands, die an der Entwicklung der V-2 gearbeitet hatten, gefangen und brachten sie nach den USA. Die gesamte wissenschaftliche Dokumentation über alle Entwicklungsarbeiten des Raketenentwicklungszentrums in Peenemünde war ihnen in die Hände gefallen. Sie konnten auch mehr als hundert fertige Raketen vom Typ A-4 (V-2) sowie eine Vielzahl von verschiedenartigen Bauteilen noch nicht fertiger Raketen übernehmen und nach den USA transportieren. Die sogenannte Heeresversuchsanstalt Peenemünde war bekanntlich beim Herannahen der Roten Armee nach Thüringen bzw. Bayern verlagert worden. Die Hauptproduktionsstätte der A-4-Raketen war ein Stollen bei Nordhausen, in dem KZ-Häftlinge diese Raketen produzieren mußten. Sogar die Produktionsmittel dieses unterirdischen Werkes brachte man nach den USA. Es nimmt deshalb nicht Wunder, daß diese ehemaligen Raketenfachleute unter der Leitung Wernher von Brauns in den White Sands Proving Grounds schon 1946 die erste der über hundert im faschistischen Deutschland hergestellten Fernraketen starten konnten, wobei an der Spitze anstelle der Sprengladung wissenschaftliche Meßinstrumente untergebracht waren. Die USA hatten also eine schon weit entwickelte Raketentechnik samt den Fachleuten als „Starthilfe“ für ihre Raketenentwicklung.

Die erste sowjetische interkontinentale Rakete und der erste Sputnik

Die Entwicklung in der Sowjetunion verlief anders. Es ist verständlich, daß auch die Sowjetunion am Stand der Raketenentwicklung im faschistischen Deutschland interessiert war. Eine Reihe von Ingenieuren und Technikern der Versuchsanstalt Peenemünde, die für die USA uninteressant erschienen, er-

klärten sich bereit, zu versuchen, die gesamten technisch-wissenschaftlichen Unterlagen nochmals zu erarbeiten. Zunächst in Bleicherode in Thüringen und später in der Sowjetunion unterzogen sie sich dieser mühevollen Arbeit. Die sowjetische Raketenentwicklung lief aber unabhängig davon weiter. Die Wissenschaftler arbeiteten dort mit großem Elan, so daß bereits 1949 die ersten Höhenraketenstarts bis in Bereiche von 150 bis 200 km Höhe erfolgen konnten.

Als die Sowjetunion Mitte 1957 bekannt gab, daß sie erstmalig eine interkontinentale ballistische Rakete erfolgreich getestet hatte, wurde das in der westlichen Welt nicht ernst genommen. Um so größer war dann der „Schock“, als am 7. Oktober 1957 die Signale des ersten künstlichen Satelliten der Erde, Sputnik 1, in aller Welt zu hören waren. Diesem ersten Testsatelliten folgte schon einen Monat später mit Sputnik 2 der erste Raumflugkörper, in dem ein Lebewesen, die Hündin Laika, die Erde eine Woche lang lebend umkreiste. Schon damit war ersichtlich, daß eines der Ziele der sowjetischen Raumfahrtentwicklung darin bestehen sollte, Menschen in den kosmischen Raum zu bringen.

Die bemannte Raumfahrt beginnt

Dem großen Wissen und den überragenden organisatorischen Fähigkeiten des Chefkonstruktors Sergej Pawlowitsch Koroljow ist es zu danken, daß am 12. April 1961, also 16 Jahre nach dem Zeitpunkt 0 der sowjetischen Großraketenentwicklung, als erster Mensch der Sowjetbürger Juri Gagarin in seinem Raumschiff Wostok 1 die Erde umrundete und wohlbehalten landete.

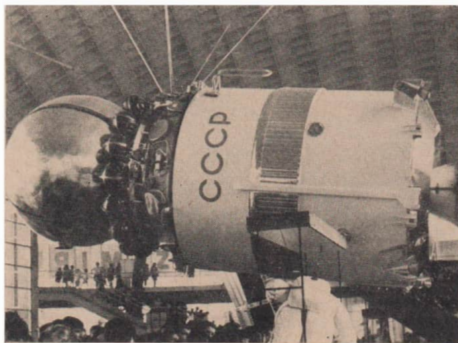
Am 15. Mai 1960 hatte die Sowjetunion zum ersten Mal ein unbemanntes Raumschiff mit der Bezeichnung Korabl 1 gestartet. Dieses Raumschiff entsprach in seinem Grundaufbau bereits den Wostok-Raumschiffen. Es bestand aus zwei Hauptbaugruppen; einem kugelförmigen Körper, in dem sich bei späteren Flügen dieses Typs der Kosmonaut befand, und einer angesetzten Gerätesektion, die ein kegelförmiges Aussehen hatte. Am Ende dieser Gerätesektion befand sich das Raketentriebwerk für die Einleitung der Rückkehr zur Erde. Außen am kegelförmigen Teil war ein Klappensystem angebracht, welches der Wärmeregulierung diente. Bei diesem ersten unbemannten Raumschiff befand sich in der Kugelkabine eine Anlage, die die Lebenstätigkeit des Menschen nachahmte. Dabei wurde z. B. so viel Kohlendioxid in die Innenatmosphäre abgegeben, wie sie bei der Atemtätigkeit des Menschen auftritt. Damit wurde die Funktionstüchtigkeit des Lufterneuerungssystems getestet. Dieser Kosmonautenimitator strahlte auch so viel Wärme ab wie ein menschlicher Körper, was zur Funktionsprüfung des Temperaturregelungssystems diente. Der Funktionstest – alle wesentlichen Werte wurden telemetrisch zur Erde übertragen – verlief einwandfrei und zeigte, daß alle Konstruktionselemente auch unter Weltraumbedingungen einwandfrei arbeiten. Für die Einleitung der Rückkehr mußte der Raumflugkörper räumlich so ausgerichtet werden, daß das Triebwerk entgegen der Flugrichtung wies. Eine Lagestabilisierung war ebenfalls Voraussetzung. Hierzu benutzte man einen optischen Sonnensensor, der allerdings beim ersten Experiment nicht einwandfrei arbeitete.

Die sowjetischen Wissenschaftler und Konstrukteure erarbeiteten in relativ kurzer Zeit ein verbessertes Orientierungssystem, welches sich beim Einsatz des unbemannten Raumschiffes Nr. 2 bewährte. An Bord dieses am 19. August 1960 gestarteten Korabl 2 befanden sich neben den beiden Hunden Bjelka und Strjelka eine Reihe weiterer Versuchstiere bzw. biologische Objekte. Dazu zählten 40 Mäuse, 2 Ratten, Pflanzen, Samen von Zwiebeln, Mais, Koriander sowie Chlorella-Algen und verschiedene Bakterienkulturen. Die Versuchstiere und Pflanzen befanden sich in einem hermetischen Behälter, der in der Katapultanlage untergebracht war, die in den äußeren technischen Elementen der späteren Kosmonauten entsprach. Interessant ist, daß hier bereits Fernschsysteme eingesetzt wurden, mit denen die Bewegungsaktivität der beiden Hunde im Zustand der Schwerelosigkeit überwacht werden konnte. Außerdem besaß dieses Versuchsraumschiff noch eine Reihe von Meßgeräten, mit denen neben der kosmischen Strahlung solaren und interstellaren Ursprungs auch die UV- und Röntgenstrahlung der Sonne untersucht wurde. Nach 17 Erdumkreisungen, am 20. August 1960, wurde die Rückkehr eingeleitet. Während der Gerätesektor verglühte, trat die kugelförmige Kabine in die vorgesehene Rückkehrbahn ein und wurde aerodynamisch abgebremst. Im letzten Abschnitt der Flugbahn setzte man ein Fallschirmsystem ein, und in wenigen Kilometern Höhe über der Erdoberfläche wurde die Kapsel herauskatapultiert und landete mit einem gesonderten Fallschirmsystem. Alle Versuchstiere bzw. Pflanzen hatten den Raumflug, die dabei auftretende intensivere Strahlung sowie den Zustand der Schwerelosigkeit gut überstanden.

Um den Raumflug des Menschen zu sichern, erfolgten weitere Versuche mit unbemannten Raumschiffen. Dabei galt es für das Kollektiv der Wissenschaftler, weitere Entwicklungsarbeiten auszuführen und alle Fehlerquellen auszumerzen.

Dann war der erste Raumflug eines Menschen, der am 12. April 1961, um 6 Uhr 07 Min. WZ vom Kosmodrom Baikonur aus seinen Anfang nahm, technisch so weit abgesichert, daß man ihn wagen konnte. 108 Minuten später landete Juri Gagarin in der Nähe von Smelowka. Rayon Ternowo, süd-

Abb. 1:
Das Raumschiff Wostok.



westlich der Stadt Engels im Gebiet Saratow. Nach der Herauskatapultierung seines Sitzes löste sich dieser und der Kosmonaut benutzte ab 4 km Höhe seinen eigenen Fallschirm.

Noch im gleichen Jahr, ehe ein amerikanischer Astronaut auf eine Erdumlaufbahn gelangte, umrundete German Titow vom 6. bis zum 7. August 1961 in seinem Raumschiff Wostok 2 die Erde 17 mal und kam wohlbehalten nicht weit entfernt vom Landeort des ersten Kosmonauten wieder auf die Erde zurück.

Dieser 24-Stunden-Flug hatte den Beweis erbracht, daß der Mensch in einem Raumschiff nicht nur als passives Element existieren kann, sondern auch in der Lage ist, Arbeiten auszuführen. Titow machte beispielsweise eine ganze Reihe von Aufnahmen der Erdoberfläche durch die Bullaugen seines Raumschiffes und führte durch Bedienung der Handsteuerung mehrfach Lageänderungen aus. Er nahm während dieser Zeit mehrere Mahlzeiten ein und schlief auch die vorgesehene Zeit. Damit war die sowjetische bemannte Raumfahrt bereits in eine zweite Phase getreten.

Die ersten Gruppenflüge

Die Jahre 1962 und 1963 waren durch eine neue Etappe gekennzeichnet. Es erfolgten jeweils zwei Gruppenflüge von Wostok-Raumschiffen. Die Wostok-Raumschiffe verfügten noch nicht über genügend Treibstoffmengen, um aktiv Bahnänderungen ausführen zu können. Trotzdem dienten diese Flüge bereits der Vorbereitung einer späteren Etappe in der bemannten Raumfahrt, in der Raumflugkörper sich einander nähern können und schließlich miteinander gekoppelt werden.

Am 11. August 1962 startete Andrijan Nikolajew mit Wostok 3, einen Tag später Pawel Popowitsch mit Wostok 4. Der Start von Wostok 4 war so gelegt worden, daß der Abstand der beiden Raumschiffe nach dem Erreichen der Umlaufbahn durch Wostok 4 nur etwa 5000 km betrug. Erstmals hatten zwei Raumflieger optischen Sichtkontakt miteinander, obwohl das Partnererraumschiff nur als Sternpunkt zu sehen war. Erstmals konnten auch Experimente über funkttechnischen Kontakt zwischen zwei in der Erdumlaufbahn befindlichen Raumflugkörpern und eine Sprechfunkverbindung zwischen zwei Kosmonauten hergestellt werden. Durch die etwas unterschiedlichen Flugbahnen veränderten sich die Abstände zwischen beiden Raumschiffen. Ein weiteres wesentliches Moment war die bedeutend längere Flugzeit. Beide landeten am gleichen Tage (15. August 1962), Nikolajew hatte sich 94 Stunden, 22 Minuten (rd. 4 Tage), Popowitsch 70 Stunden 57 Minuten (rd. 3 Tage) im Zustand der Schwerelosigkeit im kosmischen Raum aufgehalten.

Noch um einen Tag verlängert wurde die Flugdauer von Valeri Bykowski, der am 14. Juni 1963 mit seinem Raumschiff Wostok 5 startete. Das Partnererraumschiff Wostok 6, welches zwei Tage später die Erdumlaufbahn erreichte, war noch durch eine weitere Besonderheit gekennzeichnet. An Bord befand sich erstmalig eine Frau, Walentina Tereschkova. Sie sollte lt. Programm eigentlich nur einen Tag in der Erdumlaufbahn verbleiben. Da sie sich aber sehr wohl fühlte, was auch die telemetrisch übermittelten Meßdaten über ihren Körperzustand bestätigten, äußerte sie die Bitte, bis zum Ende des für Wostok 5 vorgesehenen Flugprogramms in der Umlaufbahn bleiben zu dürfen. Das Flugleitzentrum erfüllte ihren Wunsch, so daß beide Raumschiffe am 19. Juni 1963 zur Erde zurückkehrten.

Auch bei diesem Flug konnten neue Erfahrungen bei der optischen und funktetechnischen Ortung eines Partnerraumschiffes sowie der Kommunikation während des Raumfluges gewonnen werden. Damit fanden die Unternehmungen mit den Raumschiffen der Serie Wostok ihren Abschluß.

Das erste Dreimann-Raumschiff und der erste Ausstieg ins All

Weitere umfangreiche konstruktive Veränderungen harrierten der Lösung durch die Raumschiffkonstrukteure. Die Kommandokabine des Wostok-Raumschiffes mußte so umkonstruiert werden, daß mehrere Kosmonauten Platz fanden. Zwei dieser modifizierten Typen, die die Bezeichnung Wochohod trugen, gelangten zum Einsatz. In Vorbereitung der für die nächsten Jahre geplanten Unternehmungen gab es zwei grundsätzliche Hauptprobleme experimentell zu lösen. Das eine bestand darin, Untersuchungen anzustellen, wie eine Mannschaft von maximal drei Kosmonauten in einem Raumschiff gemeinsam arbeiten kann, ohne daß psychische Überbelastungen auftreten. Zum zweiten sollte erprobt werden, welche Reaktionen oder Probleme auftreten, wenn ein Mensch – natürlich geschützt durch einen Raumanzug – das Raumschiff verläßt und sich freischwebend im kosmischen Raum aufhält.

Am 12. Oktober 1964 erfolgte der Start von Wochohod 1, in dem sich drei Kosmonauten befanden. Kommandant war Wladimir Komarow, der Bordarzt Dr. Boris Jegorow und der Wissenschaftler Konstantin Feoktistow (Physiker und einer der Lehrer der Kosmonautengruppe bei ihrer theoretischen Ausbildung). Sie waren auch die Mannschaft, die erstmalig ohne Raumanzug die Erde umkreiste. Nach 16 Erdumkreisungen landeten sie im vorgesehenen Gebiet. Dadurch, daß sich ein Arzt an Bord befand, konnte während des Fluges eine ganze Reihe medizinischer Untersuchungen sachkundig ausgeführt werden.

Wochohod 2 war gegenüber dem Vorgängerraumschiff wiederum modifiziert. Es besaß eine Ausstiegsluke, vor der beim Start in zusammengefaltetem Zustand eine Luftscheule angebracht war. Die Kosmonauten Beljajew als Kommandant und Leonow trugen Raumanzüge, die gegenüber den Raumanzügen der ersten Kosmonauten wesentlich verändert waren. Zum Beispiel war ihre Außenhaut weiß, und sie lagen enger am Körper an. Ihre Konstruktion war so ausgeführt, daß sie den Ausstieg in den freien Raum gestatteten.

Am 18. März 1965 startete dieses Raumschiff und Alexei Leonow begab sich auf dem Wege über die vorher entfaltete Luftscheule in den kosmischen Raum. Mit dem Raumschiff war er über eine Art Nabelschnur verbunden, durch die die Sauerstoffzuführung erfolgte. Sie diente ferner als Halterung und als Kabelleitung für Sprechfunkverbindung bzw. Übertragung der Daten der einzelnen Körperfunktionen. Dieses Unternehmen, das etwas mehr als 24 Stunden dauerte, lieferte den Beweis dafür, daß der Mensch auch im freien Raum – rd. 10 Minuten hielt sich Leonow hier auf – in der Lage ist, seine Orientierung zu behalten und auch bestimmte mechanische Arbeiten auszuführen. Leonow montierte z. B. die außen an der Luftscheule angebrachte Filmkamera ab und brachte sie in das Raumschiff zurück.

Die erste bemannte Etappe der sowjetischen Raumfahrt hatte damit ihren Abschluß gefunden. Wesentliche technische Experimente für den Einsatz der Raumschiffe der zweiten Generation vom Typ Sojus bzw. der Orbitalstationen Salut waren bei den letzten Flügen experimentell erprobt worden.

Der Einsatz der Sojus-Raumschiffe

Zwei Jahre vergingen, ehe der neue Typ der Raumschiffe mit der Bezeichnung Sojus zum Einsatz kam. Am 23. April 1967 startete Wladimir Komarow mit Sojus 1. Abgesehen davon, daß die Masse dieses Raumschiffes wesentlich erhöht worden war (sie betrug rd. 6500 kg), war auch der Aufbau grundsätzlich anders. Der eingangs erwähnte Chefkonstrukteur Koroljow war auch an der Konzeption dieses neuen Raumschiffstyps wesentlich beteiligt.

Bei dem Sojus-Raumschiff unterscheidet man drei Sektionen. Die Gerätesektion ist vergrößert und besitzt regelbare Triebwerke mit einem beträchtlichen Treibstoffvorrat, der Bahnänderungen während des Fluges ermöglicht. Die Energieversorgung erfolgte zumindest bei einigen eingesetzten Versionen über große ausklappbare Solarzellenflächen, die an der Gerätesektion montiert sind. Das Mittelteil bildet die Kommandokabine, die nicht mehr kugelförmig ist, sondern etwa glockenförmige Struktur hat und an deren Endteil – angrenzend an die Gerätesektion – einen Hitzeschutzschild trägt. Davor ist als dritte Sektion die fast kugelförmige Orbitalsektion angebracht. Vorn finden wir noch bei einigen Versionen einen Kopplungsstutzen. Der den Kosmonauten zur Verfügung stehende Raum ist also bedeutend größer (rd. 9 m^3) geworden. Für wissenschaftliche Arbeiten ergeben sich damit umfangreichere Möglichkeiten.

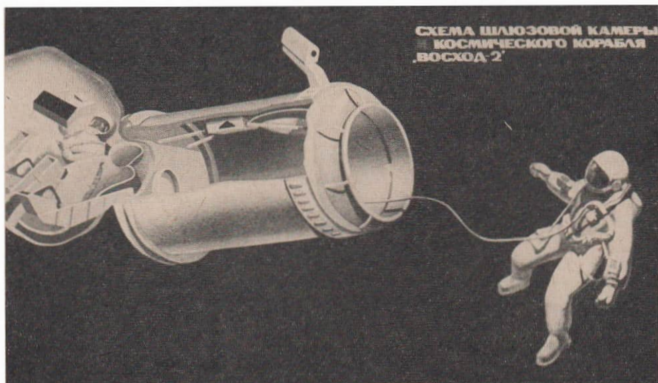


Abb. 2: Die Luftschleuse an Woschod 2.

Während bei den Raumschiffen der Wostok-Serie die maximale Einsatzzeit (bedingt durch Luft-, Lebensmittel- und Wasservorräte) 10 Tage betrug, konnte sie bei den Sojus-Raumschiffen bis auf maximal 30 Tage verlängert werden. Der Operationshöhenbereich (bedingt durch Treibstoffvorräte) reicht bis zu rund 1300 km.

Es ist bekannt, daß in der Kosmos-Serie vor dem ersten bemannten Einsatz (und für besondere Unternehmungen auch danach) unbemannte Sojus-Raumschiffe, allerdings unter der Bezeichnung „Kosmos“ eingesetzt worden sind. Zur Vorbereitung der ersten Kopplung waren solche Experimente mit den unbemannten Sojus-Raumschiffen Kosmos 184 und 186 sowie 212 und 213 durchgeführt worden. Eine erste bemannte Erprobung des Sojus-Raumschiffes erfolgte am 23./24. April 1967. Der erfahrene Kosmonaut Wladimir Komarow erprobte alle Systeme einschließlich der Triebwerke zur Bahnänderung. Nach seinen Berichten zeigte dieses erste bemannte Sojus-Raumschiff keinerlei Mängel. Das Erprobungsprogramm, welches für einen Tag vorgesehen war, verlief zur vollsten Zufriedenheit. Leider trat im letzten Abschnitt der Landephase nach dem Auswerfen der Bremsfallschirme ein bedauerlicher Unfall ein. Da während der aerodynamischen Abbremsung ein Rotationsimpuls um die Längsachse der Landekabine aufgetreten war, verdrehten sich die Leinen des ausgeworfenen Fallschirms, der sich demzufolge nicht voll entfalten konnte. Dadurch stürzte die Landekabine ab, der Kosmonaut Wladimir Komarow kam ums Leben. Dieser tragische Unfall veranlaßte weitere konstruktive Veränderungen. An der Kommandokabine wurden seitlich kleinere Triebwerke eingebaut, mit deren Hilfe ein möglicherweise auftretender Drehimpuls um die Längsachse verhindert werden konnte. Das waren zusätzliche Triebwerke zu den schon angebrachten Lagestabilisierungstriebwerken, die in der Phase der aerodynamischen Abbremsung benötigt wurden.

Rund 1 1/2 Jahre später führte der Kosmonaut Beregowoi mit dem unbemannten Raumschiff Sojus 2, welches einen Tag vorher gestartet worden war, zahlreiche Rendezvous-Experimente sowie Experimente der Ortung des Partnerraumschiffes aus. Knapp drei Monate darauf gelang die erste Kopplung von zwei Sojus-Raumschiffen (Sojus 4 und Sojus 5). Damit war die erste experimentelle Raumstation geschaffen worden. Die Kosmonauten Jelissejew und Chrunow stiegen außen herum in das von Schatalow gesteuerte Raumschiff Sojus 4 um. Mit diesem Unternehmen waren wesentliche Voraussetzungen für den Einsatz von Sojus-Raumschiffen als Transportmittel zu Raumstationen geschaffen worden.

Im Oktober des Jahres 1969 erfolgte dann ein Dreifach-Gruppenflug von Sojus-Raumschiffen. Eine Seite dieses Unternehmens bestand darin, durch zahlreiche Annäherungs- und Bahnänderungsmanöver bzw. Ortungsexperimente technisch die Sicherheit der Ankopplung an künftige Raumstationen zu erhöhen. Daneben trat aber ein weiterer Aspekt hier schon sehr stark in den Vordergrund. Die praktische Nutzenanwendung der Raumfahrt wurde hier nicht nur geprobt, sondern es wurde be-

reits eine Reihe von realen Experimenten ausgeführt. So unternahm der Kosmonaut Kubassow in Sojus 6 verschiedenartige Schweißexperimente unter den Bedingungen des Vakuums und der Schwerelosigkeit. Die von der Kommandokabine aus ferngesteuerte Schweißanlage befand sich in der Orbitalsektion. Durch Öffnen der Ausstiegs Luke war hier ein Vakuum erzeugt worden. Die zweite sehr wesentliche Aufgabe, die Erdbeobachtungen, wurden von Bord der drei Raumschiffe aus systematisch in Angriff genommen. Ausgewählte Gebiete in der Gegend des Kaspischen Meeres, weiter östlich davon sowie vom Pamir-Gebirge wurden fotografiert. Man verwendete die Methode der Multispektralfotografie. Um den Einfluß der Atmosphäre sicher feststellen zu können, überflog zur gleichen Zeit ein Flugzeug, an dessen Bord sich die gleiche Aufnahmeapparatur befand, die entsprechenden Gebiete in etwa 10 km Höhe. Zum anderen waren auch in etwa 2 km Höhe Flugzeuge im Einsatz, die ebenfalls solche Multispektralaufnahmen der von den Raumschiffen überflogenen Gebiete machten. Vergleiche dieser in verschiedenen Höhen gewonnenen Multispektralbilder führten zu neuen Erkenntnissen über die Möglichkeiten der Erkundung mittels Raumflugkörpern.

Hauptsächlich medizinisch-biologischen Untersuchungen diente der Langzeitflug von Sojus 9 im Sommer 1970. Nikolajew und Sewastjanow umkreisten die Erde 425 Stunden lang. Sie führten während der langen Flugzeit auch eine große Zahl von Erkundungsbeobachtungen aus. Da hier keine Kopplung vorgesehen war, konnte auf einen Kopplungsstutzen verzichtet werden.

Die Etappe der Orbitalstationen

Ihre erste Bewährungsprobe als Transportraumschiff mußten Sojus-Raumschiffe 1971 bestehen. Unbemannt war am 19. April 1971 die Raumstation Salut 1 gestartet worden, die mit rd. 100 m³ Innenraum einen idealen Forschungs- und Aufenthaltsraum für Kosmonauten bot. Sojus 10 startete am 22. April 1971 und koppelte an diese Raumstation an. Bei diesem Unternehmen ging es nicht darum, die Kosmonauten umsteigen zu lassen, sondern technische Überprüfungen vorzunehmen.

Nach der Kopplung gab es elektrische und hydraulische Verbindungen zwischen Raumstation und Transportraumschiff. Die Kosmonauten von Sojus 10 konnten also direkte Messungen über den Zustand der verschiedensten Systeme der Raumstation, sowohl die Innenräume betreffend ausführen als auch die Lageregelungsautomatik der Station auf ihre Funktionstüchtigkeit untersuchen. Ein weiteres wichtiges Problem bestand darin festzustellen, ob durch die Kopplung zwischen zwei Raumflugkörpern verschiedenartiger Masse (Sojus 6500 und Salut 18900 kg) eine stabile Gleichgewichtslage während des Erdumlaufs erreicht werden konnte. In ihrer gemeinsamen Funktion wurden die Lageregelungssysteme der gekoppelten Sojus/Salut-Raumflugkörper im Zusammenwirken untersucht. Das war wiederum ein wichtiges technisches Vorexperiment für die Sicherheit der Besatzung, die dann an Bord dieser Raumstation zum Einsatz kommen sollte.

Mit Sojus 11 startete diese Besatzung am 6. Juni 1971. Die Kosmonauten Pazajew, Wolkow und Dobrowolski erfüllten dann 18 Tage an Bord dieser ersten bemannten Raumstation ein umfangreiches wissenschaftliches Programm. Sojus 11 war als Transportraumschiff eingesetzt worden, und das von den Kosmonauten erfüllte Programm entsprach dem einer Einsatzraumstation. Nach Abschluß ihres Einsatzes, nachdem alles Material (Film- und Tonbandaufzeichnungen sowie schriftliche Dokumente) an Bord der Rückkehrkabine von Sojus 11 gebracht worden war und die Trennung von der Station erfolgreich verlaufen war, trat nach der Einleitung der Rückkehr der Landekabine ein unvorhersehbarer plötzlicher Druckabfall durch das Undichtwerden eines Ventils auf. Dabei fanden die drei Kosmonauten den Tod. Alle Meßwerte und Aufzeichnungen gelangten mit der automatisch arbeitenden Landekabine zur Erde.

Weitere konstruktive Veränderungen am Sojus-Raumschiff und an der Raumstation Salut wurden vorgenommen. Sie basierten auf den Erfahrungen, die beim Einsatz der ersten Raumstation gewonnen wurden. Die wesentlichste Veränderung bei der Orbitalstation Salut bestand darin, daß die Anordnung der Solarzellenflächen verändert wurde. Salut 1 hatte vier Solarzellenflächen, die am vorderen Teil und am hinteren Sektor montiert sind. Da ihre Anordnung etwa den Tragflächen eines Flugzeuges entsprach, ergab sich die Notwendigkeit, eine räumliche Lage einzunehmen, bei der die Längsachse der Solarzellenflächen etwa senkrecht zur einfallenden Sonneneinstrahlung liegt. Nur damit ließ sich eine maximale Energieversorgung (während des Fluges im Sonnenlicht) erzeugen. Für eine Reihe von Beobachtungsaufgaben traten, bedingt durch die Anordnung der „Bullaugen“ bzw. der starren Anordnung bestimmter Meßinstrumente, einige Schwierigkeiten auf. Nicht zu jeder Zeit konnten beliebige Beobachtungen ausgeführt werden. Die Möglichkeiten der Beobachtungen mußten vorher sehr genau bestimmt, das Zeitprogramm mußte mit äußerster Exaktheit eingehalten werden. Die Konstrukteure hatten deshalb in der Anordnung der Solarzellenflächen eine Veränderung vorgenommen. Eingesetzt wurden jetzt drei große Solarzellenflächen, die im Winkel von 90 Grad zueinander sich am Mittelteil der Salut-Raumstation befinden. Die Besonderheit bestand darin, daß diese

Abb. 3:
Die Kosmonauten Wolkow,
Dobrowolski und Pazajew in
der Kabine von Salut 1.



Solarzellenflächen um die Längsachse drehbar waren. Damit ließ sich erreichen, daß auch bei verschiedenartigen räumlichen Lagen des Raumschiffes die Solarzellenflächen immer so ausgerichtet waren, daß sie eine maximale Menge an Sonnenlicht erhielten. Es ergab sich die Möglichkeit, in der Wahl der zu beobachtenden Objekte bzw. bei der Erdbeobachtung einen größeren Spielraum auch im Zeitprogramm zu haben.

Experimentell wurde diese neue Variante der Salut-Raumstation beim Unternehmen Salut 2 in der Praxis erprobt. Wegen des experimentellen Charakters dieses Unternehmens startete auch keine Besatzung zu Salut 2.

Erst beim Unternehmen Salut 3 arbeiteten Kosmonauten an Bord dieser modifizierten Raumstation mit großem Erfolg. Diese Zwei-Mann-Besatzung erreichte die Raumstation mit einem gleichfalls modifiziertem Raumschiff vom Typ Sojus. Da dieses Raumschiff nur dem Transport der Besatzung zur Raumstation und der Rückkehr zur Erde diente, konnte auf das aufwendige System der Solarzellenflächen verzichtet werden. Die künftigen Transportraumschiffe zu Salutstationen werden also wie Sojus 14 allein über chemische Stromquellen verfügen, die für mindestens drei Tage einen vollen Betrieb dieses Raumschiffes garantieren. Zum anderen ist die Möglichkeit geschaffen worden, daß während der Kopplung an die Raumstation von deren Energieüberschuß die chemischen Stromquellen des Transportraumschiffes wieder aufgeladen werden können.

Vor dem Fluge der Besatzung von Salut 3 waren die der Raumschiffe Sojus 12 und Sojus 13 erfolgt. Sojus 12 befand sich nur zwei Tage in der Erdumlaufbahn. Mit ihm wurde der solarzellenlose Typ des Transportraumschiffes erstmalig experimentell in der Umlaufbahn erprobt. Vorher ist dieser Typ unbemannt in der Kosmos-Serie eingesetzt worden.

Sojus 13 war eine andere Variante des Sojus-Raumschiffes. Hier erfüllten die beiden Besatzungsmglieder reine Forschungsaufgaben. Das Sojus-Raumschiff ist also nicht nur als Zubringerfahrzeug für die Zukunft gedacht, sondern auch als „kleine“ Raumstation. An Bord von Sojus 13 befand sich ein astronomisches Teleskop mit der Bezeichnung Orion 2; es war eine verbesserte Variante des bei Salut 1 eingesetzten Teleskops. Orion 2 war zunächst in der Orbitalsektion untergebracht. Nach dem Erreichen der Umlaufbahn montierte der Bordingenieur beim Ausstieg in den freien Raum dieses Teleskop an die Außenwand der Orbitalsektion. Dieses Teleskop diente der Aufnahme von UV-Spektren. Vor dem als eine Art Maksutow-Teleskop aufgebauten Instrument befand sich ein flaches Objektivprisma (Quarzoptik), mit dem Sternspektren im Bereich von 5000 bis 2000 Å fotografisch aufgenommen werden konnten. Daneben wurde auch eine große Zahl von Erderkundungsbeobachtungen ausgeführt.

Die Raumschiffe vom Typ Sojus bis Nr. 15 (soweit bei ihnen Kopplungsexperimente vorgesehen waren) besaßen Kopplungsaggregate, wie sie bis dahin in der sowjetischen Raumfahrt Anwendung gefunden hatten. Ähnlich den amerikanischen Systemen gab es den aktiven Kopplungsstutzen, dessen nach vorn herausragender Sporn in eine entsprechende Öffnung des passiven Kopplungsstutzens eingeführt wurde. Nach Juli 1975 wird dieses System auch bei künftigen sowjetischen Raumflugkörpern nicht mehr angewendet.

Der letzte sowjetische Sojus-Raumflugkörper, der dieses System besaß, war Sojus 15. Bei diesem Unternehmen wurde ein neues vollautomatisch arbeitendes Annäherungssystem an einen anderen Raumflugkörper in der Umlaufbahn erprobt. Der Partnerraumflugkörper war die sowjetische Raumstation Salut 3. Das Raumschiff Sojus 15 war ein Transportraumschiff, besaß also keine Solarzellenflächen zur Energieversorgung. Dieses neue System wurde bei mehrfachen Annäherungen an die Raumstation experimentell erprobt. Eine Ankopplung an die Station erfolgte nicht und war auch nicht vorgesehen. Die Erfahrungen, die bei diesem Flug gewonnen wurden, werden dazu beitragen, dieses automatische Annäherungssystem technisch zu vervollkommen. Betont sei noch, daß dieses Unternehmen Sojus 15 bekanntlich in seiner technischen Anlage mit dem für 1975 geplanten sowjetisch-amerikanischen Kopplungsexperiment nichts gemeinsam hat. Es handelte sich hier um eine Weiterentwicklung der sowjetischen Raumfahrttechnik, die allein für bemannte Experimente der UdSSR notwendig waren.

Vorversuch für Sojus-Apollo 1975

Das Unternehmen Sojus 16 mit den Kosmonauten Filipschenko und Rukawischnikow, das vom 2. bis zum 8. Dezember 1974 dauerte, war ein Vorversuch für das Vorhaben Sojus-Apollo 1975. Vorher hatten zwei unbemannte Sojus-Raumschiffe die Erde umkreist, die genauso wie Sojus 16 aufgebaut waren. Auch sie besaßen den neuen Kopplungsadapter, der für das sowjetisch-amerikanische Unternehmen vorgesehen ist. Es handelte sich dabei um Kosmos 638 (Start am 3. 4. 1974) und Kosmos 672 (Start am 12. 8. 1974). Bei letzterem wurde, wie bei Sojus 16, das gesamte Programm automatisch bzw. von der Erde aus gesteuert „durchgespielt“. Dieser Satellit landete – wie der bemannte Nachfolger Sojus 16 – nach sechs Tagen wieder auf der Erde. Auch bei den unbemannten Experimenten wurde der Kopplungsstutzen in seiner Funktionstüchtigkeit im kosmischen Raum erprobt.

Diese beiden in der Kosmos-Satelliten-Serie laufenden unbemannten Sojus-Raumschiffe, Sojus 16 und das für den Einsatz im Juli 1975 vorgesehene Raumschiff besaßen bzw. werden Solarzellenflächen besitzen. Das ist deshalb notwendig, weil nach der Entkopplung beim Einsatz bzw. beim imitierten Einsatz noch eine Reihe von Forschungs- und Beobachtungsaufgaben zu bewältigen waren und sein werden.

Zusammenfassend kann man also über den Stand der bemannten Raumfahrt in der Sowjetunion folgende allgemeine Feststellung treffen: Die Raumschiffe vom Typ Sojus werden noch für eine Reihe von Jahren im Einsatz bleiben. Folgende vier Varianten des Sojus-Raumschiffes waren und werden im Einsatz sein:

1. Die Sojus-Raumschiffe der ersten Generation. Sie dienten hauptsächlich der Vervollkommenung der Systeme dieses Raumschiffes, besaßen Solarzellen und zum Teil Kopplungsstutzen.
2. Sojus-Raumschiffe als reine Transportraumflugkörper. Sie besaßen keine Solarzellen, aber Kopplungsstutzen.
3. Sojus-Raumschiffe, die als selbständige Forschungseinheit für Erderkundungen, astronomische Beobachtungen u. ä. eingesetzt werden. Sie besitzen notwendigerweise Solarzellenflächen.
4. Sojus-Raumschiffe, wie sie beim Unternehmen Sojus/Apollo 1975 eingesetzt werden sollen. Sie besitzen Solarzellenflächen und den neuartigen Kopplungsadapter. Raumschiffe dieses Typs sollen auch bei nachfolgenden sowjetisch-amerikanischen Unternehmungen zum Einsatz kommen.

Am Beispiel der bemannten Raumfahrt wurde hier gezeigt, wie in den 30 Jahren nach dem Sieg über die faschistischen Aggressoren die Sowjetunion auch auf dem Sektor der Raumfahrt zu Spitzenleistungen gelangte.

Die Spiralstruktur extragalaktischer Sternsysteme

Dipl.-Astr. JÜRGEN REICHE

1. Einleitung

Im Jahre 1926 konnte Hubble nachweisen, daß unser Milchstraßensystem, die Galaxis, nicht das einzige Sternsystem ist, sondern daß bestimmte, im Fernrohr nebelhaft aussehende Objekte außerhalb unserer Galaxis liegen und, dieser ähnlich, mehr oder weniger strukturierte Gebilde von einigen Milliarden bis zu mehr als 100 Milliarden Sternen und interstellarer Materie sind.

Hubble teilte diese extragalaktischen Sternsysteme nach ihrem äußeren Erscheinungsbild in drei große Klassen ein, die dann noch feiner unterteilt sind (Hubble-Klassifikation). Danach unterscheidet man elliptische Systeme, Spiralsysteme und irreguläre Systeme. Der Name „Spiralsysteme“ rührt daher, daß sich bei dieser Klasse extragalaktischer Systeme sogenannte „Arme“ (meist zwei) spiralförmig vom Zentralgebiet nach außen winden. Je nachdem, ob diese Arme im Innern direkt vom Zentralgebiet oder von einem sogenannten „Balken“ ausgehen, unterteilt man in normale Spiralsysteme (S) und Balkenspiralen (SB). Beide Unterklassen werden feiner unterteilt in a, b, c nach der Größe des Zentralgebietes und der Öffnung der Arme (Abb. 1). Zur Leuchtkraft des gesamten Systems tragen die Arme bei den a-Typen am wenigsten, bei den b-Typen etwa 20 % und bei den c-Typen am meisten bei.

Von allen Sternsystemen haben die Spiralsysteme folgende prozentuale Häufigkeiten:

Sa- und SBa-Systeme 8 %, Sb- und SBb-Systeme 28 %, Sc- und SBe-Systeme 27 %, gesamt 63 %.

Also sind weit mehr als die Hälfte aller extragalaktischen Sternsysteme Spiralsysteme. Das deutet darauf hin, daß Spiralarme an sich nichts Ungewöhnliches, keine Ausnahmerecheinung, sondern etwas durchaus Natürliches darstellen und daß sie unter gewissen Bedingungen sogar ganz zwangsläufig entstehen müssen.

2. Theorie

Zur Erklärung des Phänomens der Spiralstruktur wurde 1964 von den amerikanischen Astrophysikern Lin und Shu eine Theorie veröffentlicht, die seither große Beachtung gefunden hat. Die beiden gingen davon aus, daß trotz der Vielfalt der Erscheinungsformen von Spiralsystemen im allgemeinen zwei Hauptarme zu erkennen sind, die sich über mehr als eine Windung verfolgen lassen und den größten Teil des Systems zwischen Zentralregion und äußerem Rand überdecken. Daß das keine Trivialität ist, lehrt sofort das Betrachten einiger Bilder von Spiralsystemen. Die wenigsten haben genau zwei sich kontinuierlich und regelmäßig nach außen windende Arme. Bei den meisten Spi-

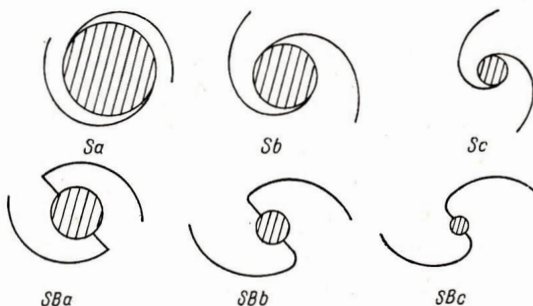


Abb. 1: Schematische Darstellung der Typen von Spiralsystemen.

ralsystemen verzweigen sich die Arme oftmals (vor allem in den äußeren Bereichen eines Systems), bilden Brücken zu anderen Armen oder Zwischenarmzweigen aus und zeigen Verbiegungen. Selbst die Hauptarme sind meist nicht einheitlich und gleichmäßig durchgehend, sondern werden nur von Bruchstücken und einzelnen „Klumpen“ skizziert. Trotz dieser Unregelmäßigkeiten lassen sich aber im allgemeinen doch zwei Hauptarme erkennen. Deren Struktur wird von Lin und Shu als „grand design“ bezeichnet. Nach Lin und Shu kann es nicht Ziel der ersten Näherung einer Theorie sein, alle Details und Unregelmäßigkeiten in den Spiralarmen zu erklären, sondern zunächst nur das „grand design“, also die beiden diametral liegenden, mehr oder weniger gleichmäßig nach außen laufenden Hauptarme.

Eine Theorie muß in der Lage sein, erstens die Entstehung von Spiralarmen und zweitens deren Existenz über größere Zeiträume zu erklären. Letzteres ist durchaus nicht von vornherein klar. Bekanntlich rotieren ja die Sternsysteme um eine senkrecht auf der Ebene der größten Ausdehnung gedachte Achse. Diese Rotation erfolgt aber nicht starr, sondern die Winkelgeschwindigkeit ist abhängig vom Abstand vom Zentrum. Vom Zentralgebiet abgesehen, nimmt die Winkelgeschwindigkeit mit wachsendem Abstand monoton ab (differentielle Rotation). Dann müßten sich aber die Spiralarme, die sich ja über ein größeres Gebiet radial erstrecken, im Laufe der Zeit „aufwickeln“ wie der Faden auf eine Zwirnsrolle. Daher nehmen Lin und Shu an, daß man es nicht mit „Materiearmen“ zu tun hat, daß also die Spiralarme nicht immer von der gleichen Materie gebildet werden, sondern daß es sich tatsächlich um ein Wellenphänomen handelt. Durch das Sternsystem (Sterne plus Gas) läuft eine spiralförmige Dichtewelle mit vom Radius unabhängiger Winkelgeschwindigkeit, die die Materie periodisch verdichtet. Die im Augenblick sichtbaren Spiralarme stellen demnach bloß die momentane Lage der Dichtemaxima dar, während nach einer gewissen Zeit die benachbarte Materie von der Welle verdichtet wird, die „alte“ Materie aber aus der Welle hinauswandert. Mit dieser Vorstellung kann das leidige Windungsdilemma umgangen werden.

Ohne die Theorie im einzelnen darstellen zu wollen, müssen wir aber noch auf eine von W. W. Roberts durchgerechnete Erweiterung eingehen. Nach Lins Vorstellung rotiert die Materie schneller als die Dichtewelle, so daß sowohl die Sterne, als auch die interstellare Materie periodisch in die Welle hineinfließen, verdichtet werden und anschließend wieder hinauslaufen. Roberts untersuchte nun, was mit dem Gas der interstellaren Materie passiert, wenn es in die Welle hineinfließt. Seine Rechnungen zeigen, daß sich im Gas eine Schockfront an der konkaven Seite des Armes ausbildet, in der die Gasdichte (und damit auch die Staubbichte) auf etwa das Sechsfache des durchschnittlichen Wertes ansteigt, anschließend aber relativ schnell wieder abnimmt. Wegen der plötzlich erhöhten Dichte und dem dadurch entsprechend erhöhten Druck fangen große Gaswolken, die schon nahe der Instabilitätsgrenze waren, unter der Wirkung ihrer eigenen Gravitation an zu kollabieren. Mit anderen Worten: In der Schockfront wird die Sternentstehung aus Wolken interstellarer Materie ausgelöst. Die dabei entstehenden sehr jungen Sterne bilden dann H-II-Regionen um sich aus, die mit zunehmendem Alter der Sterne immer schwächer werden. Wenn wir nun berücksichtigen, daß die Materie (Staub, Gas) schnell-

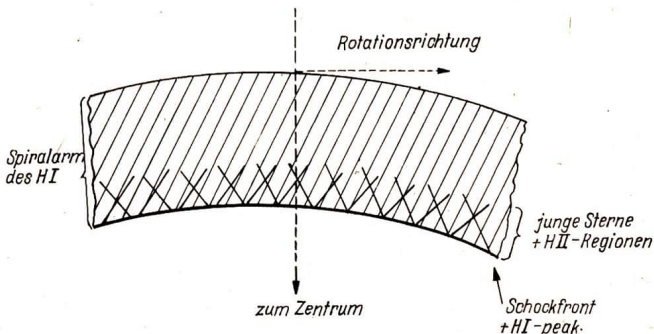


Abb. 2: Schematische Darstellung der Armstruktur.

ler rotiert als die Dichtewelle (und damit die Schockfront), finden wir, daß die jungen Sterne und H-II-Regionen von der Schockfront wegwandern und im Durchschnitt um so älter bzw. schwächer sein müssen, je weiter sie von dieser entfernt sind.

Ein Spiralarm sollte also folgende Struktur senkrecht zum Schock zeigen (s. Abb. 2): An der konkaven Innenseite des beobachtbaren Armes befindet sich die Schockfront, in der das einströmende interstellare Gas und ebenso der Staub stark verdichtet wird (H-I-peak). Dieses Gebiet sollte vor allem durch den verdichteten Staub optisch auffallen. Daran anschließend nach außen (zur konvexen Seite hin) müßten sich die typischen optischen Spiralarmindikatoren beobachten lassen, also junge Sternhaufen, H-II-Regionen, frühe Sterne (O...B2) und OB-Assoziationen. Von der Schockfront aus bis noch weiter nach außen sollte sich der radioastronomisch zu beobachtende Spiralarm aus neutralem Wasserstoff erstrecken.

Neben dieser typischen geometrischen Struktur in einem Spiralarm wird von der Dichtewellentheorie auch eine charakteristische „kinematische“ Struktur vorausgesagt. Wenn nämlich das interstellare Gas in einen Arm hineinströmt und auf die Schockfront trifft, wird seine Geschwindigkeit senkrecht zum Arm drastisch verringert, so daß es praktisch nur noch eine tangential Geschwindigkeitskomponente besitzt. Es treten damit systematische Abweichungen von der Kreisbahngeschwindigkeit auf.

3. Vergleich der Theorie mit den Beobachtungen an extragalaktischen Systemen

3.1. Vorteile extragalaktischer Beobachtungen

Es lag nahe zu versuchen, die hier nur kurz umrissene Theorie der Spiralstruktur durch einen Vergleich mit Beobachtungen zu bestätigen (oder zu widerlegen). Dazu kommen sowohl die Beobachtungen der Spiralstruktur in unserer Galaxis als auch jene an extragalaktischen Systemen in Frage. In der Galaxis ist es einfach, Einzelobjekte zu beobachten und deren Beziehung zur Spiralstruktur zu untersuchen. Allerdings kann optisch nur ein relativ geringer Raumbereich erfaßt werden, während radioastronomisch Schwierigkeiten bei der Entfernungsbestimmung bestehen. Daher ist es bisher für die Galaxis noch nicht gelungen, die großräumige Spiralstruktur (Lins „grand design“) abzuleiten. Jede „Sparte“ hat ihre eigenen Vorschläge: Von den Theoretikern stammen theoretisch abgeleitete Spiralstrukturen, die Radioastronomen liefern Spiralstrukturen aus Beobachtungen der 21-cm-Linie (zwei wesentliche Varianten), und die optisch beobachtenden Astronomen haben auch „ihren Stolz“ und „ihre“ Spiralstruktur. Alle diese durch verschiedene Methoden erhaltenen Bilder der galaktischen Spiralstruktur weichen mehr oder weniger voneinander ab. Dagegen ist bei den einigermaßen regelmäßig strukturierten extragalaktischen Spiralsystemen das „grand design“ sofort erkennbar, und die Schwierigkeiten, die einzelnen Objekttypen zueinander in Beziehung zu setzen, entfallen. Allerdings lassen sich nur die näheren und daher größer erscheinenden Systeme in Einzelobjekte auflösen, ansonsten muß man sich mit den Strukturen, die ein oder mehrere nicht aufgelöste Objekttypen in der Flächenhelligkeit hervorrufen, begnügen.

3.2. Direkte Anwendung der Theorie auf Spiralsysteme

Auf Grund des Vorteils, die großräumige Spiralstruktur an extragalaktischen Systemen leicht erkennen zu können, bietet es sich an, einmal für solche Systeme aus von der Beobachtung her bekannten Daten die Spiralstruktur nach Lins Theorie zu berechnen und mit der tatsächlich beobachtbaren zu vergleichen. Dies ist für drei Galaxien (den Dreiecknebel M 33, den Jagdhundenebel M 51 und die die Galaxis M 81) von Shu, Staehnik und Yost getan worden.

Das wesentliche dazu benötigte Beobachtungsmaterial sind die Rotationskurven, also die Winkelgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand vom Zentrum der jeweiligen Galaxis. Daraus folgen sowohl ein Massenmodell als auch die Winkelgeschwindigkeit der Dichtewelle, die „Spiralmuster“-Geschwindigkeit. Nach Lins Vorstellungen sollen die Spiralarme durch Instabilitäten in den äußeren Bereichen einer Galaxis gebildet werden. Das hat zur Folge, daß die Winkelgeschwindigkeit der Dichtewelle, die unabhängig vom Zentrumsabstand ist, gleich der Winkelgeschwindigkeit der äußersten beobachtbaren H II-Regionen sein muß. Diese Vorstellung wurde kürzlich (Februar 1974) von J. Guibert am Andromedanebel bestätigt. Mit den genannten Daten und geeigneten Näherungswerten für die Geschwindigkeitsdispersionen läßt sich über die sogenannte Dispersionsrelation von Lin und Shu die lokale radiale Wellenlänge ($\cong$ Armabstand) berechnen, woraus sich die Spiralstruktur konstruieren läßt. Was die genannten Autoren erhielten, ist in Abb. 3 dargestellt, wo die jeweils errechnete Struktur auf das optische Bild projiziert wurde. (Die gestrichelten Ovale im Innern von M 51 und M 81 bezeichnen die errechnete „innere Lindbladresonanz“, die Stelle, wo die errechnete Spiralstruktur nach innen enden muß.) Die Übereinstimmung ist recht befriedigend, obwohl die errechneten Strukturen

systematisch etwas zu eng gewunden zu sein scheinen. Daß bei M 51 in der Nähe des Begleiters stärkere Abweichungen auftreten, ist nicht verwunderlich, da der Begleiter einen störenden Einfluß ausüben muß, der in den Rechnungen nicht berücksichtigt wurde. Die offensichtliche Verzweigung der beiden Hauptarme in M 51 kann verstanden werden, wenn man mit Lin annimmt, daß nicht nur kurze (enggewundene) nach innen laufende Wellen, sondern auch lange (loser gewundene) nach außen laufende Wellen in einer Spiralgalaxis existieren, die das nach innen gehende Signal der kurzen Wellen zurückgeben. Die errechneten langen Wellen sind als Strich-Punkt-Linien in die Abbildung eingetragen und geben die beobachtete Struktur recht gut wieder.

3.3. Spiralstruktur aus Einzelobjekten und aus der Flächenhelligkeit

Wie schon erwähnt, ist man bei den nahen Spiralgalaxien nicht darauf angewiesen, nur den kollektiven Effekt, die die Spiralarmindikatoren gemeinsam hervorrufen, zu beobachten, sondern man kann in Einzelobjekte auflösen. Das ist für eine genaue Untersuchung des Phänomens Spiralstruktur auch wichtig, da die einzelnen Objektgruppen diese sehr unterschiedlich definieren. Die Spiralarme müssen getrennt nach Objekttypen untersucht und die Lage der verschiedenen Objekttypen muß dann miteinander verglichen werden.

Am gründlichsten ist das wohl (von unserer eigenen Galaxis abgesehen) bisher beim Andromedanebel M 31 geschehen. Die weiter oben aufgeführten optischen Spiralarmindikatoren wurden untersucht und miteinander verglichen. Die von ihnen definierte Spiralstruktur läßt sich mathematisch gut durch eine logarithmische Spirale annähern. Die Indikatoren lassen sich bis zu sehr großen Entfernungen vom Zentrum nachweisen (H II-Regionen bis 23 kpc, OB-Sterne bis 38 kpc!). Auch der neutrale Wasserstoff, der bis 30 kpc Zentrumsentfernung beobachtet wurde, zeigt eine Spiralstruktur. Auf der nördlichen Seite von M 31 decken sich die „Gas“- und „Sternarme“, auf der südlichen Seite sind sie bis zu 1...2 kpc gegeneinander versetzt.

Lassen sich die etwas weiter entfernten Spiralsysteme nicht mehr in Einzelobjekte auflösen, besteht die Möglichkeit, die integrale Verteilung einzelner Objekttypen zu untersuchen. Das kann photometrisch geschehen, indem Platten-Filter-Kombinationen so gewählt werden, daß die gewünschten Gruppen von Objekten in der Flächenhelligkeit hervortreten. Auf blauempfindlichen Aufnahmen z. B. sollten sich die sehr jungen, frühen Objekte herausheben.

In dieser Hinsicht hatte Zwicky 1955 eine interessante fotografische Methode entwickelt, mit der er durch Schwarz-Weiß-Fotografie die realen Farben der Objekte erhalten wollte, wobei gleichzeitig möglichst alle anderen Effekte wie Unterschiede in der Helligkeit und in der Polarisation weitgehend ausgeschaltet werden sollten. Zwicky ging von zwei Negativen des betreffenden Objektes aus, von denen das eine mit einer blauempfindlichen Emulsion, das andere mit einer orthochromatischen Emulsion bei vorgeseztem Gelbfilter gewonnen wurde. Er „kreuzt“ nun jeweils das eine Negativ mit dem Positiv des anderen und gewinnt so zwei neue Aufnahmen, auf deren einer die blauen Objekte schwarz, die roten weiß erscheinen und auf deren anderer die umgekehrten Verhältnisse vorliegen. Ähnliches gilt für die Flächenhelligkeit unauflöser Objekte.

Bei der Anwendung auf den Jagdhundenebel M 51 fand Zwicky durch Vergleich der beiden Aufnahmen, daß die jungen, blauen Objekte schmalere Arme definieren, die aber sehr unregelmäßig sind, während die gelben und roten Objekte breitere, aber wesentlich gleichmäßigere Arme zeigen (Abb. 4). Das ist nicht verwunderlich, da sich die Sterne auf Grund ihrer Pekuliarbewegungen mit zunehmendem Alter immer gleichmäßiger verteilen müssen. Erstaunlich ist aber, daß die älteren (röteren) Objekte offensichtlich an der **Innenkante** der von den jüngeren (blauen) Objekten gebildeten Arme liegen. Daß eine „**Altersschichtung**“ in den Spiralarmen von der Dichtewellentheorie vorausgesagt wird, wurde weiter oben erläutert. Aber nach der Theorie sollten die älteren Sterne an der Außenkante der von den jungen Objekten gebildeten Arme liegen, da die Sterne mit zunehmendem Alter vom Schock wegwandern; die Rotationsrichtung wird heute allgemein so angenommen, daß die konvexe Seite der Arme „vorn“ ist. Eine Erklärung für diesen Widerspruch ist noch nicht bekannt.

3.4. Relative Lage von Staub und H II-Regionen

Fotografisch läßt sich auch der ionisierte Wasserstoff herausfiltern, und zwar durch Filter, die nur den Wellenlängenbereich um 6563 Å (1. Balmerlinie, H_α) durchlassen. Dadurch lassen sich H II-Regionen, die ein sehr guter Spiralarmindikator sind, beobachten. Außerdem kann man die H_α -Linie benutzen, um Rotationsgeschwindigkeiten (des Gases) abzuleiten, die bei den Sternen viel schwerer feststellbar sind (s. u. Anwendung von Spektrographen und Interferometern).

Allerdings sind Platten/Filter-Kombinationen zum Herausfiltern der H_α -Linie nicht besonders geeignet, da hierbei noch viel vom angrenzenden Kontinuum durchgelassen wird, d. h. die Bandbreite mit über 100 Å noch zu groß ist. Besser sind Interferenzfilter, deren Bandbreite bis 10 Å, teilweise sogar bis

4 Å herabgedrückt werden kann. Noch günstiger ist die Verwendung von Spektrographen oder von Interferometern (Fabry-Perot-Interferometer), wobei gleichzeitig noch die Rotationsgeschwindigkeiten gemessen werden können.

B. T. Lynds hat auf H_{α} -Aufnahmen extragalaktischer Spiralsysteme die Lage von H II-Regionen untersucht und sie mit der Lage der „Staubkanten“ an den Armen und der der Dunkelgebiete verglichen. Die Untersuchungen bezogen sich zunächst auf 17-Sc-Galaxien, die gewonnenen Erkenntnisse konnten aber später auch auf frühere Typen von Spiralsystemen (Sa und Sb) ausgedehnt werden.

Die Aussagen der Dichtewellentheorie bezüglich der Verteilung von Staub und H II-Regionen haben wir im Abschnitt 2 dargelegt. Vergleicht man damit die von Lynds gefundenen Ergebnisse, wird man eine sehr gute qualitative Übereinstimmung feststellen. Lynds kam zu folgenden Aussagen:

Die hellen H-II-Regionen sind immer in oder in unmittelbarer Nähe von Regionen starker Verdunklung zu finden, Die Umkehrung gilt nicht. Die H-II-Regionen sind sehr oft am Rande eines „primären“ Staubarmes. Letztere befinden sich jeweils an der Innenkante der beiden hellen Arme und reichen von der Zentralregion einer Spiralgalaxis bis in die äußeren Gebiete. Die „Staubarme“ werden mit größer werdendem Abstand vom Zentrum breiter. Staub definiert die Spiralstruktur besser als H-II-Regionen!

Weiterhin besteht zwischen dem Auftreten von Staub und jungen Sternen eine sehr starke Korrelation. Außerdem kann man mit Lynds die Sa- und Sb-Galaxien nach der Verteilung der H-II-Gebiete in drei Regionen unterteilen, nämlich in eine Zentralregion ohne H II-Gebiete, einen Zwischengürtel mit den meisten und hellsten H-II-Gebieten und eine ausgedehnte äußere Region mit nur zu zufällig auftretenden H-II-Regionen. Scheinbar ist die Häufigkeit der H-II-Gebiete mit dem Auftreten bzw. der Stärke der Schockfronten korreliert.

Ehe wir zu den radioastronomischen Beobachtungen übergehen, sei an dieser Stelle noch eine interessante Anwendung der Dichtewellentheorie auf Supernovae erwähnt. Moore stellte fest, daß von 19 untersuchten Supernovae mehr als die Hälfte am inneren (konkaven) Rand eines Spiralarmes aufgetreten sind. Da sich nach der Theorie die Sterne mit zunehmendem Alter von der Schockfront am Innenrand der Arme mehr und mehr wegbewegen, schließt er, daß diese als Supernovae beobachteten Sterne höchstens fünf Millionen Jahre alt gewesen sein können. Daraus leitet er ab (Theorie der Sternentwicklung), daß sie größere Massen als 35 Sonnenmassen gehabt haben müssen.

3.5. Radioastronomische Beobachtungen (21-cm-Linie)

Um die Verteilung des neutralen Wasserstoffes in einer Galaxis ermitteln zu können, sind Radio-beobachtungen (21-cm-Linie) notwendig. Radioteleskope haben aber bekanntlich ein sehr schlechtes Auflösungsvermögen, denn dieses ist dem Verhältnis von Beobachtungswellenlänge und Instrumentendurchmesser umgekehrt proportional. Da die Radioastronomie mit größenordnungsmäßig 10^6 -mal größeren Wellenlängen zu tun hat als die optische Astronomie, aber nur etwa hundertmal größere Instrumentendurchmesser zu bieten hat, wird das viel schlechtere Auflösungsvermögen gegenüber der optischen Astronomie verständlich.

Daher arbeitet man in der Radioastronomie vielfach mit Interferometeranordnungen. Mit zwei getrennten Antennen wird das interessierende Objekt beobachtet und die beiden erhaltenen Signale werden anschließend überlagert. Bei diesem Verfahren ist das Auflösungsvermögen indirekt proportional dem Verhältnis von Wellenlänge und Antennenabstand. Bei genügend großem Antennenabstand kann also eine entsprechend gute Auflösung erzielt werden. Allerdings erhält man dabei immer nur einzelne Fourierkomponenten der Strahlungsverteilung im untersuchten Objekt (abhängig vom Antennenabstand und der Richtung zum untersuchten Objekt, also dessen Stundenwinkel). Das Zusammensetzen der einzelnen Komponenten zur gesuchten Strahlungsverteilung heißt „Apertur-Synthese“.

Dieses Verfahren wurde von Schostak und Rogstad zur Ermittlung der Verteilung des H I in zwei Spiralgalaxien angewandt. Es handelt sich dabei um NGC 2403, ein Sc-System ähnlich M 33, und NGC 4236, eine Sc- oder Sbc-Galaxis geringer Helligkeit. Bei beiden Systemen stimmt die Größe, wie sie sich aus der H-I-Verteilung ergibt, mit der optischen Größe überein. Neutraler und ionisierter Wasserstoff zeigen in etwa dieselbe Struktur, „Radio-“ und „optische Arme“ stimmen also auch überein. In NGC 2403 besteht allerdings eine gewisse Diskrepanz zwischen den beobachteten Geschwindigkeiten des H I und des H II.

Interessant ist nun, daß im neutralen Wasserstoff von NGC 2403 systematische Peculiarbewegungen von etwa 10 km/s auftreten. In Abb. 5, die das Radialgeschwindigkeitsfeld über einem optischen Bild dieser Galaxis zeigt, ist das deutlich zu sehen. Sowohl südlich vom Zentrum als auch z. T. in östlicher Richtung ist im Geschwindigkeitsfeld eine Doppelwelle erkennbar. Dieser kinematische Effekt läßt sich qualitativ und quantitativ durch die Dichtewellentheorie erklären. Daß überhaupt

mit Spiralarmen systematische Geschwindigkeitseffekte korreliert sind, wurde schon im Abschnitt 2 beim Umreißen der Theorie dargelegt. Wenn nun für die Winkelgeschwindigkeit der Spiralwelle die der äußersten H II-Regionen genommen wird (s. Abschnitt 3.2.), gibt nach Schostak und Rogstad die Theorie die Doppelwellen im Geschwindigkeitsfeld sowohl in der richtigen Position als auch etwa mit der richtigen Amplitude wieder. Nach der Theorie wäre dann eine Amplitude von 17 km/s zu erwarten, während 8...10 km/s gemessen wurden. Die Diskrepanz geht wahrscheinlich auf die begrenzte Auflösung zurück.

3.6. Radiokontinuum-Beobachtungen

Während die oben beschriebenen Beobachtungen der Radiostrahlung in der 21-cm-Linie die Verteilung des neutralen Wasserstoffes liefern, erhält man durch Radiokontinuum-Beobachtungen die Verteilung des ionisierten Wasserstoffes. Auch dessen Verteilung gibt wichtige Informationen über die Struktur der Galaxien, wie van der Kruit zeigte. Er beobachtete eine Reihe von Spiralgalaxien im Kontinuum bei 1415 MHz ($\approx 21,2$ cm). In der Verteilung der Radiohelligkeiten kommen die Spiralarme deutlich zum Ausdruck, wie aus Abb. 6, in der die Isotopen – das sind Linien gleicher (Radio-)Helligkeit – für die Galaxis NGC 2903 zusammen mit ihrem optischen Bild dargestellt sind, hervorgeht. Durch eine genaue Analyse der Verteilung der Radiohelligkeiten in den untersuchten Spiralgalaxien kam van der Kruit zu sehr interessanten Ergebnissen bezüglich der Dichtewellentheorie. Er fand, daß in den Fällen, wo ein klares Bild der Spiralstruktur im Radiobereich erhalten wurde, die Kämme der Radioarme an den inneren Kanten der hellen optischen Arme zu finden sind, wie das Abb. 7 für NGC 2903 zeigt. Das entspricht offensichtlich den Vorstellungen der Dichtewellentheorie (Abschnitt 2), da die stärkste Radiostrahlung in der Kompressionszone in und unmittelbar hinter der Schockfront am Innenrand der Arme auftreten sollte. Weiterhin ergab sich, daß die Kompressionsstärke mit dem Masse-Leuchtkraft-Verhältnis M/L umgekehrt korreliert ist und von der Rotationskurve derart abhängt, daß die Kompression dann stärker ist, wenn der Radius der maximalen Rotationsgeschwindigkeit klein im Verhältnis zum optischen Radius ist.

4. Schlußbemerkungen

Nach diesem kurzen Überblick über Spiralstrukturbeobachtungen an extragalaktischen Systemen, der notwendigerweise stückhaft bleiben mußte, läßt sich folgendes Fazit ziehen: Sowohl Radio-beobachtungen als auch optische Beobachtungen an extragalaktischen Sternsystemen scheinen heute die Dichtewellentheorie der Spiralstruktur dem Wesen nach wie auch in vielen Einzelheiten zu bestätigen. Noch bestehende Schwierigkeiten, manche Beobachtungsatsachen zu erklären, können sicher nicht Anlaß sein, diese Theorie völlig abzulehnen (wie z. B. Piddington), zumal Magnettheorien zur Erklärung der Spiralarme kaum in Frage kommen, da namentlich in unserer Galaxis die Magnetfelder viel zu schwach sind.

Die heute noch bestehenden Diskrepanzen und Unklarheiten sind sicher am ehesten durch eine geeignete Kombination von weiterer theoretischer Forschung und intensiver Beobachtung sowohl in unserer Galaxis als auch in extragalaktischen Systemen zu beseitigen. Es ist zu hoffen, daß auf diese Weise allmählich ein detailliertes Verständnis für das Phänomen Spiralstruktur erwächst.

Frage und Antwort

Mehrere Amateurastronomen fragen: Woher können Materialien für das Selbstschleifen von Objektivspiegeln bezogen werden?

Die Redaktion (At) antwortet: Glasrohlinge können vom VEB Glaswerke Schott, 69 Jena, bezogen werden, während die Schleifmaterialien beim VEB Schleifkörper-Union, 8036 Dresden, Lohrmannstraße 19/21, und die Pecher vom VEB Pechsederei, 9701 Eich, erhältlich sind.

Als Glasrohlinge lassen sich auch sogenannte „Schauglasplatten“ verwenden, die recht billig sind. Sie haben einen Durchmesser von 100 mm und eine Dicke von 16 mm (Preis 4,40 M). Allerdings sind diese Platten thermisch vorgespannt. Die Platten sind bei der VE Baustoffversorgung, 102 Berlin, Neue Promenade 6, zu bestellen.

Konvention über die Registrierung von Weltraumflugkörpern

Prof. Dr. GERHARD REINTANZ

Seit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten, des sowjetischen „Sputnik I“ am 4. Oktober 1957, sind bis Ende 1974 von nahezu einem Dutzend Staaten etwa 2500 künstliche Weltraumflugkörper (nachstehend nur Flugkörper genannt) von Menschenhand in den Weltraum entsandt worden. Viele davon sind wieder verglüht, aber manche befinden sich als Geräteträger noch auf Erdumlaufbahnen, umkreisen den Mond oder bewegen sich im interplanetaren Raum; dazu kommen noch Raketenstufen u. a.

Es erscheint zweckmäßig, diese Flugkörper und ihre Reste aus Gründen der Ordnung und Sicherheit amtlich zu registrieren, vor allem, um bei Kollisionen und Schadensfällen eine genaue Identifizierung der beteiligten Flugkörper zu ermöglichen und den Halter zum Zwecke der Schadensregulierung zu ermitteln. Diesen Zwecken dient die von der UNO-Vollversammlung am 12. November 1974 gebilligte Konvention über die Registrierung von Objekten, die in den Weltraum entsandt werden.

Die ersten Maßnahmen zur Registrierung von Flugkörpern hatte bereits die Wissenschaft ergriffen. Während des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/58 wurden erstmalig Festlegungen zu ihrer Registrierung getroffen, die 1962 von COSPAR, dem Komitee für die Erforschung des Weltraumes, weiter ausgebaut wurden. Das ursprüngliche Kennzeichnungssystem für Satelliten und Sonden mit Jahreszahlen und angehängten griechischen Buchstaben wurde abgeschafft, und seit dem 1. Januar 1963 registriert COSPAR die Flugkörper auf folgende Weise: die für mindestens 90 Minuten in den Kosmos entsandten Flugkörper erhalten die Jahreszahl des Starts und eine laufende Nummer innerhalb des Startjahres; daran wird ein großer lateinischer Buchstabe angehängt, und zwar A für den Hauptlastträger sowie B, C, D usw. für die Objekte mit Hilfslasten und Raketenstufen. So trägt z. B. der am 12. Oktober 1966 gestartete sowjetische Mondsatellit „Luna 12“ die COSPAR-Bezeichnung 1966-94 A, d. h. er wurde 1966 als 94. Flugkörper gestartet; seine Raketenstufen, die ihn auf die Bahn brachten, wurden als 1966-94 B, 1966-94 C usw. bezeichnet.

Die UNO-Vollversammlung hatte mit ihrer Resolution A/1721 (XVI) von 1961 die Staaten aufgefordert, den UNO-Weltraumausschuß über den UNO-Generalsekretär über ihre Starts von Flugkörpern zu informieren; dem Generalsekretär wurde aufgegeben, über diese Starts ein öffentliches Register zu führen. Die Resolution statuierte keine Meldepflicht, doch haben alle Weltraumaktivitäten betreibenden Staaten, wenn auch mit unterschiedlichem Tempo und Umfang, dem Generalsekretär derartige Starts gemeldet. Der Generalsekretär faßt die Meldungen in einem Register zusammen und gibt sie als UNO-Dokument A/AC. 105/INF bekannt.

Der Weltraumvertrag von 1967 (GBL I 1958, S. 129) spricht in Art. VIII von dem Register, in dem ein Staat ein in den Weltraum entsandtes Objekt aufführt, und verbindet damit die Gerichtsbarkeit und die Kontrolle des Staates über dieses Objekt und dessen Besatzung. Auf diese Weise wird eine ähnliche Beziehung zwischen Staat und Flugkörper hergestellt, wie sie die Registrierung eines Seeschiffes in einem staatlichen Register schafft; mit dem durch die Registrierung des Seeschiffes verbundenen Flaggenrecht wird eine echte Verbindung zwischen Staat und Seeschiff geschaffen, die sich als Staatszugehörigkeit des Schiffes z. B. in der Kontrolle des Staates über das Schiff gemäß Art. 5 der Genfer Hochsee-Konvention von 1958 äußert.

Diese durch Registrierung geschaffene Staatszugehörigkeit eines Flugkörpers ist von Bedeutung für die Anwendung des Rettungs- und Bergungsabkommens von 1968 und des Weltraumhaftungsabkommens von 1972. Die Schaffung eines besonderen Registrierungsabkommens für Flugkörper war daher naheliegend.

Der Rechtsunterausschuß des UNO-Weltraumausschusses arbeitete aufgrund der Resolution A/2915 (XXVII) der Vollversammlung von 1972 und unter Berücksichtigung kanadischer und französischer Vorschläge auf seiner 12. Tagung 1973 den Entwurf einer entsprechenden Konvention aus, der gem. Res. A/3182 (XXVIII) von 1973 vom Rechtsunterausschuß auf seiner 13. Tagung 1974 in Genf erneut beraten wurde. Eine Arbeitsgruppe unter österreichischer Leitung formulierte schließlich einen Entwurf, der von allen anwesenden Mitgliedern gebilligt wurde. Da die DDR seit Februar 1974 ständiges Mitglied des Weltraumausschusses ist, nahm eine Delegation der DDR an diesen Verhandlungen teil. Dieser 2. Entwurf wurde über den Weltraumausschuß und das I. Komitee der UNO-Vollversammlung zugeleitet, die ihn mit ihrer Resolution A/3235 (XXIX) vom 12. November 1974 einstimmig annahm. Die Konvention über die Registrierung von in den Weltraum entsandten Objekten, bestehend aus Präambel und 12 Artikeln, liegt nun zur Unterzeichnung durch die Staaten im UNO-Generalsekretariat in New York auf.

Die Konvention verpflichtet gem. Art. I Abs. 1 die Vertragsstaaten, die Flugkörper auf eine Erdumlaufbahn oder darüber hinaus bringen, den Flugkörper in ein geeignetes nationales Register einzutragen; der UNO-Generalsekretär ist über die Errichtung eines solchen Registers zu unterrichten. Der Generalsekretär führt ebenfalls ein Register, Art. III, in das die von den Staaten durchgeführten und an den Generalsekretär gem. Art. IV gemeldeten Starts eingetragen werden. Zur Eintragung in das öffentliche UNO-Register sind ihm von den Staaten zu melden:

- Name des Startstaates oder der Startstaaten bei Gemeinschaftsunternehmen;
- Benennung oder Registriernummer des Flugkörpers;
- Datum und Land bzw. Ort des Starts;
- Bahnparameter wie Umlaufzeit, Bahnneigung, Apogäum und Perigäum;
- Aufgabe des Flugkörpers.

Von Zeit zu Zeit können dem Generalsekretär zusätzliche Informationen übermittelt werden. Ihm ist auch anzuzeigen, wenn ein Flugkörper sich nicht mehr auf der Erdumlaufbahn befindet.

Startstaat im Sinne der Konvention ist nach Art. I:

- ein Staat, der einen Flugkörper startet oder dessen Start betreibt;
- ein Staat, von dessen Territorium oder Startanlage (das kann u. U. auch ein Schiff auf hoher See sein — d. Verf.) ein Flugkörper startet.

Bei der Ausarbeitung der Konvention war die Frage strittig, ob die Flugkörper mit Namen oder Nummer äußerlich und u. U. auch an einzelnen Teilen im Inneren zu markieren sind oder ob es den Startstaaten freigestellt bleibt, ihre Flugkörper zu markieren — es ging um die Pflicht oder Freiwilligkeit der Markierung. Von einigen Staaten, die bereits Flugkörper gestartet haben, wurde betont, daß es technisch schwierig und finanziell aufwendig ist, derartige Markierungen anzubringen. Schließlich wurde nach längerer Debatte von einer pflichtmäßigen Markierung Abstand genommen. Bringt ein Staat jedoch an seinen Flugkörpern eine Markierung mit einer Benennung oder einer Registriernummer an, ist das dem Generalsekretär mitzuteilen, der diese Markierung in seinem Register vermerkt, Art. V. Um den Anhängern der Markierungspflicht entgegenzukommen, wurde festgelegt, daß die Frage der Markierung im Lichte der technischen Entwicklung bei einer Revision der Konvention, die nach 5 bzw. 10 Jahren möglich ist, vgl. Art. X, erneut geprüft werden soll.

In Zukunft muß damit verstärkt gerechnet werden, daß zwei oder mehr Staaten gemeinsam einen Flugkörper starten oder eine zwischenstaatliche Organisation als Starter auftritt. In solchen Fällen haben die beteiligten Staaten dafür zu sorgen, daß ein Staat oder die Organisation die Registrierung und Meldung an den Generalsekretär vornimmt, Art. II, Abs. 2, und Art. VII.

In Art. VI sichern sich die Staaten ihre Unterstützung „zu gerechten und vernünftigen Bedingungen“ bei der Identifizierung von Flugkörpern zu, die einen Schadensfall verursacht haben oder deren Aktivität gefährlicher Natur ist.

Die sogenannten Protokollklauseln der Konvention, Art. VIII bis XII, sehen u. a. vor:

- Die Konvention ist offen für alle Staaten;
- sie bedarf der Ratifikation;
- sie tritt in Kraft, sobald fünf Ratifikationsurkunden beim Generalsekretär hinterlegt sind; für Staaten, die nach dem Inkrafttreten beitreten, wird die Konvention mit der Hinterlegung der Ratifikationsurkunde wirksam;
- jede Vertragspartei kann Abänderungsvorschläge für die Konvention einreichen; sie werden für die Staaten, die die Abänderung billigen, wirksam, wenn sie auch von einer Mehrheit der Vertragsstaaten gebilligt worden sind;
- Kündigung ist mit einer einjährigen Frist möglich.

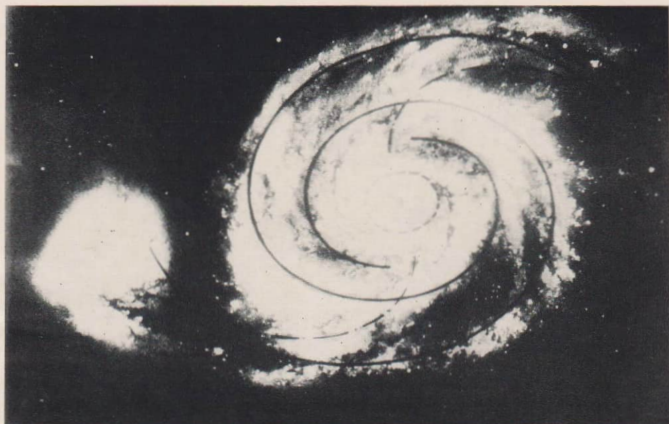
Die Konvention befriedigt sicherlich nicht alle Wünsche. Dennoch ist sie bedeutsam für die Identifizierung von Flugkörpern bei Schadensfällen und Rettungs- und Bergungsarbeiten; sie stellt somit einen weiteren, nicht unwichtigen Baustein im System des Weltraumrechts dar. Als nächste Aufgabe nimmt der Weltraumausschuß in Angriff: Abschluß eines Mondvertrages sowie die Ausarbeitung von Rechtsgrundsätzen über den Direktempfang von Fernsehsendungen über Nachrichtensatelliten und über die Erdbeobachtung durch Satelliten.

Abb. 3:

Vergleich der errechneten und der tatsächlichen Spiralstruktur für die Systeme a) M 33, b) M 51, c) M 81 (nach Shu, Stachnik und Yost).

3a) links, 3b) rechts.

Zum Beitrag S. 73



3c) links.

Abb. 6, rechts:
Isotopen für die Verteilung der Radiohelligkeit bei der Galaxis NGC 2903 über ihrem optischen Bild (nach van der Kruit).

Zum Beitrag S. 73

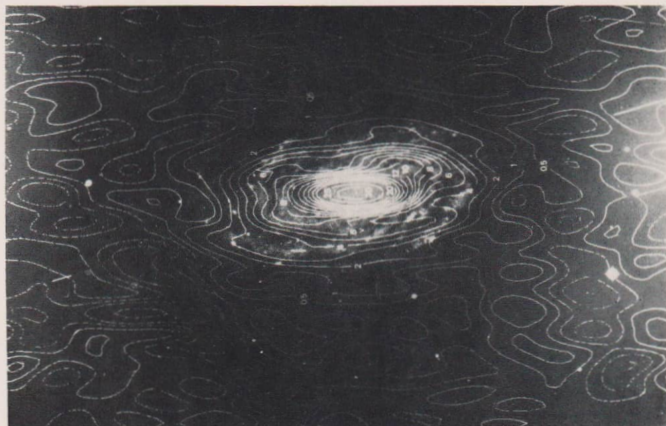




Abb. 7, links:
Vergleich der optischen
Spiralarme und der
Radioarme (durchge-
zogene Linie bzw. Strich-
punkt-Linie) für
NGC 2903
(nach van der Kruit).

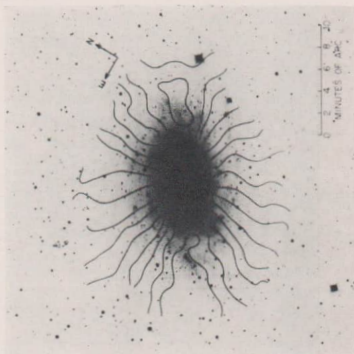


Abb. 5, rechts unten):
Radialgeschwindigkeits-
feld in NGC 2403 (nach
Schostak und Rogstad).

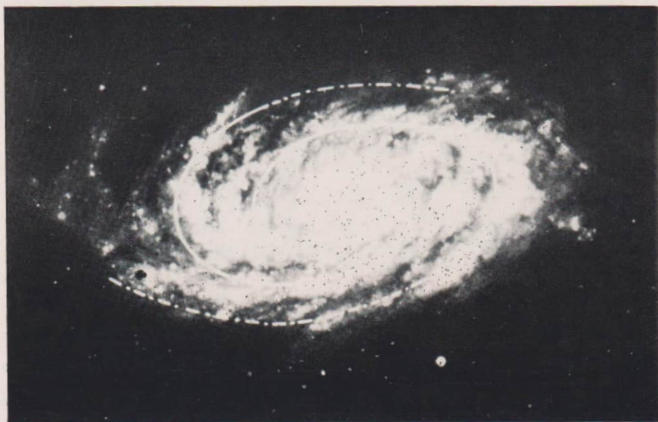
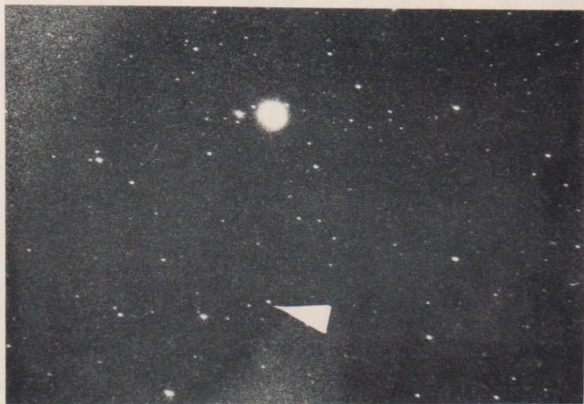
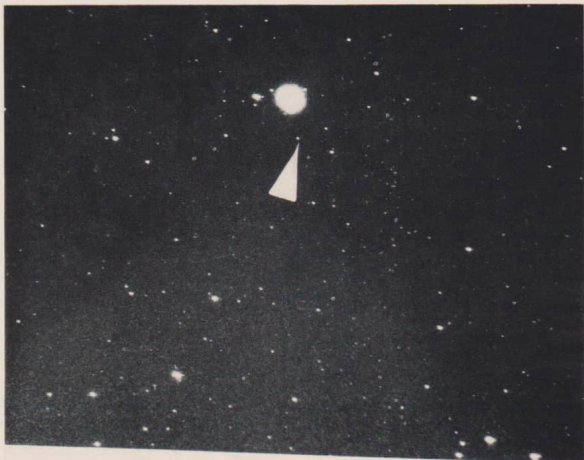


Abb. 4, rechts oben:
Vergleich der sehr jun-
gen, frühen Objekte
(links) und der späteren
Objekte (rechts) in M 51
(nach Zwicky).

Zum Beitrag S. 73



Aufnahmen des Kleinplaneten Eros

Abb. oben: 9. 2. 1975, 22^h30, Belichtung 7 min auf NP 27, Praktika mit Telemegor 5,5/250. Eros 12' südlich Procyon (Pfeil dicht unterhalb des hellen Sternes). Aufn.: E. Otto.

Abb. unten: 10. 2. 1975, 20^h30, Belichtung 8 min auf NP 27m, Praktika mit Telemegor 5,5/250. Eros 1°06' südlich Procyon (Pfeil weiter vom hellen Stern entfernt). Aufn.: M. Müller, Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“, 728 Ellenburg.

Amateure beobachten und berichten

Ermittlung der Wandrichtung für eine deklinierende Vertikal-(Süd-)Sonnenuhr durch Sonnenzeitazimutbeobachtung

WILLI HANKE

Für die Ermittlung der Wandabweichung einer Vertikal-(Süd-) Sonnenuhr stehen in bezug auf Güte und Aufwand recht unterschiedliche Methoden zur Verfügung. In dem folgenden Beitrag wird eine Bestimmung der Wanddeklination geringen Aufwandes mit Hilfe des Sonnenzeitazimutes erläutert und in einer Genauigkeitsbetrachtung untersucht; ferner werden einige Hinweise für die Durchführung der Messungen gegeben und ein Beispiel aus der Praxis vorgeführt.

1. Theoretische Grundlagen

Zur Berechnung oder Konstruktion der Stundenlinienwinkel einer abweichenden Vertikal-(Süd-)Sonnenuhr für die Ortszeit muß außer der geographischen Breite des Sonnenuhrstandortes die Wanddeklination (Wandabweichung), d. h. der Winkel zwischen der Fluchtlinie der Wand und der Ost-West-Richtung bekannt sein.

In analytischen Ausdrücken wird der gleichgroße Winkel α verwendet, den die Meridianebene mit der Wandnormalen bildet. Sein Drehsinn entspricht dem des Azimutes a ; er wird in Grad vom Südpunkt aus über Westen mit positivem Vorzeichen oder vom Südpunkt über Osten mit negativem Vorzeichen gezählt (s. Abb. 1).

Setzt man fest, daß das konstante Azimut a der Wand mit dem variablen Azimut der Sonne — beschränkt auf den Bereich von 270° bis 90° — genau dann identisch sein soll, wenn ihre Strahlen parallel zur Wandebene („streifend“) einfallen, dann gilt, wie es in Abb. 1 veranschaulicht wird, beim Stand der Sonne östlich der Meridianebene $\alpha = a - 270^\circ$ und beim Stand der Sonne westlich der Meridianebene $\alpha = a - 90^\circ$. Durch diese Festsetzung wird die Bestimmung von α auf die Ermittlung von a zurückgeführt.

In der Abb. 2 denke man sich um den Punkt B der Wandebene ABCZ eine Halbkugel mit beliebigem Radius beschrieben. Die Punkte P, S und Z seien die Durchstoßpunkte der Strahlen von B nach dem Himmelspol, der Sonne und dem Zenit.

Im astronomischen Dreieck PSZ gilt nach dem Sinussatz der sphärischen Trigonometrie

$$\sin a' = \sin a = \frac{\cos \delta \sin t}{\cos h} \quad (1)$$

und nach dem Sinus-Kosinus-Satz für die Seiten

$$-\cos a' = \cos a = \frac{\sin \varphi \cos \delta \cos t - \cos \varphi \sin \delta}{\cos h} \quad (2)$$

Seitenweise Division der Gleichungen (1) und (2) und nachfolgendes Kürzen mit $\cos \delta$ ergeben

$$\tan a = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta} \quad (3)$$

bzw.

$$\cot a = \frac{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta}{\sin t} \quad (4)$$

($a \leq 180^\circ$, wenn $t \leq 180^\circ$; $t \neq 0^\circ$)

Mit Hilfe der Gleichung (4) läßt sich das Azimut a berechnen, wenn die geographische Breite φ des Sonnenuhrstandortes und die Deklination δ der Sonne bekannt sind und die Zeit t für den Augenblick ermittelt wurde, in dem das Sonnenlicht „streifend“ einfiel.

Die Einschränkung $t \neq 0^\circ$ ist gnomonisch dadurch begründet, daß bei allen „alten“ vertikalen Südsonnenuhren an ebenen Flächen mit oder ohne Abweichung das in der Meridianebene liegende Lot

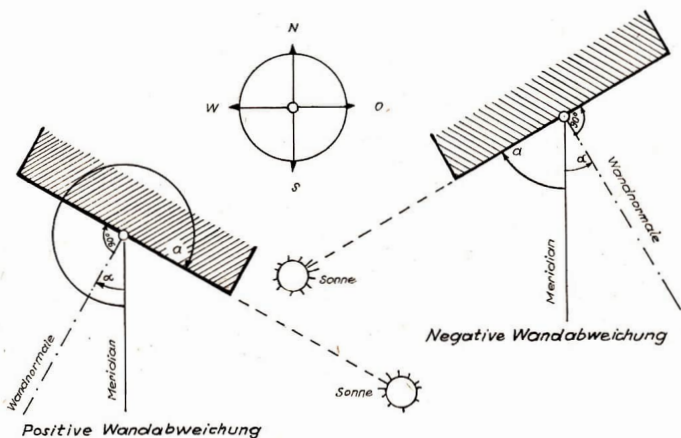


Abb. 1: Wandabweichung – positiv oder negativ

vom Fußpunkt des Polstabes mit der 12-Uhr-Stundenlinie der wahren Ortszeit identisch ist. Für $t = 0^\circ$ bzw. $t = 0^h$ WOZ ist also die Wandabweichung α bedeutungslos. Bei logarithmischen Berechnungen von α ist es günstiger, anstelle der Gleichung (4) die im folgenden hergeleitete Relation (8) in Verbindung mit Gleichung (5) zu verwenden. Fällt man nämlich von S (s. Abb. 3) das sphärische Lot auf den Meridian, bezeichnet den Fußpunkt des Lotes mit F, den Abstand FG des Fußpunktes F vom Äquator mit m und das Lot mit n , dann gelten nachstehende Beziehungen:

Im rechtwinkligen Dreieck SFP ist

$$\begin{aligned} \cos t &= \frac{\tan(90^\circ - m)}{\tan(90^\circ - \delta)} \\ &= \frac{\cot m}{\cot \delta} \\ \tan m &= \frac{\tan \delta}{\cos t} \\ m &= \arctan \frac{\tan \delta}{\cos t} \end{aligned} \quad (5)$$

($\pm m$, wenn $\pm \delta$; $|m| \leq 90^\circ$, wenn $\cos t$ positiv, oder negativ);

außerdem gilt

$$\begin{aligned} \tan t &= \frac{\tan n}{\sin(90^\circ - m)} \\ \tan t &= \frac{\tan n}{\cos m} \end{aligned} \quad (6)$$

Im rechtwinkligen Dreieck SFZ ist

$$\tan \alpha = \frac{\tan n}{\sin(\varphi - m)} \quad (7)$$

und damit gewinnt man schließlich aus den Gleichungen (6) und (7)

$$\Delta a = da/dt \cdot \Delta t$$

zugrunde gelegt werden.

Die erste Ableitung der Funktion (4) kann in zwei Formen dargestellt werden.

Erste Möglichkeit:

Aus

$$\frac{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta}{\sin t} - \cot a = 0 \quad (4')$$

ergibt sich

$$\frac{da}{dt} = \sin^2 a \cdot (\sin \varphi + \cot a \cdot \cot t) = \sin^2 a \cdot \sin \varphi + \frac{\sin^2 a \cdot \cos a \cdot \cot t}{\sin a} \quad (4'')$$

und bei Verwendung des sphärischen Sinussatzes $\sin a / \sin t = \cos \delta / \sin z$

und des Kosinussatzes für die Winkel $\cos q = \sin a \cdot \sin t \cdot \sin \varphi + \cos a \cdot \cos t$ (s. Abb. 2)

$$\frac{da}{dt} = \frac{\cos \delta \cdot \cos q}{\sin z}$$

und daraus schließlich

$$\Delta a = \frac{\cos \delta \cdot \cos q}{\sin z} \cdot \Delta t \quad (9)$$

Zweite Möglichkeit:

Dividiert man den Sinus-Kosinus-Satz für die Seiten $\cos t \cdot \cos \delta = \cos \varphi \sinh + \sin \varphi \cosh \cos a$ mit dem Sinussatz in der Form $\sin t \cdot \cos \delta = \sin a \cdot \cosh$, so erhält man

$$\cot t = \frac{\cos \varphi \tanh + \sin \varphi \cos a}{\sin a}$$

und damit aus der Ableitung

$$\frac{da}{dt} = \sin^2 a \cdot (\sin \varphi + \cot a \cdot \cot t) \quad (4''')$$

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= \sin^2 a \cdot \left(\sin \varphi + \cot a \cdot \frac{\cos \varphi \tanh + \sin \delta \cos a}{\sin a} \right) \\ &= \sin^2 a \cdot \sin \varphi + \cos a \cdot \cos \varphi \tanh + \sin \varphi \cos^2 a \\ &= \sin \varphi + \cos a \cdot \cos \varphi \cdot \tanh \\ &= (\tan \varphi + \cos a \cdot \cot z) \cdot \cos \varphi \end{aligned}$$

und

$$\Delta a = (\tan \varphi + \cos a \cdot \cot z) \cdot \cos \varphi \cdot \Delta t \quad (10)$$

Aus den Gleichungen (9) und (10) können mit Bezug auf Δa einige Schlüsse gezogen werden.

Nach Gleichung (9) wäre der Azimutfehler $\Delta a = 0^\circ$, wenn entweder $\cos \delta = 0$ (d. h. $\delta = 90^\circ$) oder $\cos q = 0$ (d. h. $q = 90^\circ$) sein würde, wobei die Zenitdistanz z der Sonne ungleich 0° sein müßte, was in mittleren geographischen Breiten – z. B. in der DDR – stets der Fall ist.

Die Sonnendeklination $\delta = 90^\circ$ kommt nicht in Betracht. Der parallaktische Winkel $q = 90^\circ$ würde nach dem Sinussatz $\sin q : \sin b = \sin a' : \sin p$ zur Aussage

$$\sin a' = \frac{\sin p}{\sin b} = \frac{\cos \delta}{\cos \varphi}$$

führen, was in den geographischen Breiten $\varphi > \delta$ wegen $\cos \delta > \cos \varphi$ den Widerspruch $\sin a' > 1$ ergäbe. Hieraus folgt, daß in europäischen Breiten der Azimutfehler Δa nie gleich Null sein kann. Das bedeutet, daß eine fehlerhafte Zeitbestimmung stets ein fehlerhaftes Azimut nach sich zieht.

Setzt man in der Gleichung (10) anstelle von $\cot z$ den Wert $\tanh$ ein, wird ersichtlich, daß der Einfluß eines Zeitfehlers auf das Azimut bei $a = 0^\circ$ größer ist als bei $a = 90^\circ$ oder $a = 270^\circ$.

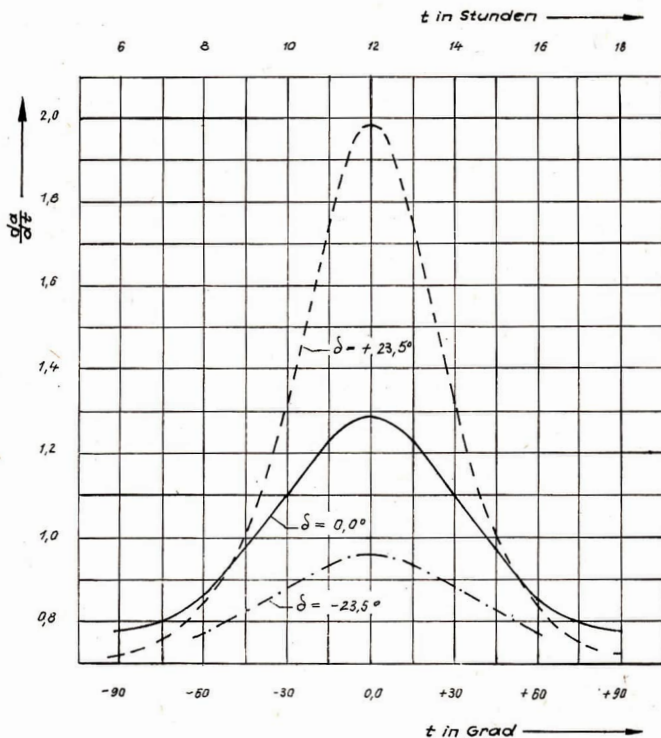


Abb. 4: Einfluß eines Zeitfehlers auf das Azimut zu verschiedenen Zeiten.

Nach geringer Umformung der Gleichung (4''), nämlich

$$da/dt = \sin^2 a \cdot (\sin \varphi + \cot a \cdot \cot t)$$

in

$$F(t) = \frac{\sin \varphi + \cot a \cdot \cot t}{1 + \cot^2 a}$$

ist diese Funktion in der Abb. 4 bei Verwendung der Gleichung (8) grafisch dargestellt worden. Als Konstanten wurden $\varphi = +51^\circ$ und $\delta = -23.5^\circ; 0.0^\circ; +23.5^\circ$ gewählt und die Ordinaten über der Zeitachse von $t = -90^\circ$ bis $t = +90^\circ$ aufgetragen.

Der Verlauf der Kurven bestätigt, daß ein Zeitfehler stets einen Azimutfehler zur Folge hat; die Maxima zeigen, daß der Einfluß des Zeitfehlers auf das Azimut am größten ist, wenn die Messungen zur Mittagszeit durchgeführt werden. Ferner ist ersichtlich, daß Azimutbestimmungen im Winter, Frühjahr oder Herbst unter sonst gleichen Bedingungen mit kleineren Fehlern behaftet sind als im Hochsommer. Hierbei ist allerdings zu bemerken, daß die Tageszeit der Sonnenzeitazimutbestimmung von

der Wandrichtung abhängt; die Jahreszeit kann man jedoch in gewissen Grenzen frei wählen. In zahlreichen Fällen wird es sich empfehlen lassen, daß der numerische Wert von $da/dt < 1$ wird. Den Azimutfehler Δa erhält man, wenn der vorliegende Zeitfehler Δt , der sich aus systematischen und zufälligen Fehlern zusammensetzt, mit dem numerischen Wert von da/dt multipliziert wird. Um die zufälligen Fehler abschätzen zu können, empfiehlt es sich, die Einzelmessung durch eine Meßreihe zu ersetzen.

Ein Zahlenbeispiel soll den Einfluß eines Zeitfehlers Δt auf das Wandazimut a illustrieren.

Es werde angenommen, daß $\Delta t = +10 \text{ s} \triangleq +2,5'$ betrage und da/dt entsprechend Abb. 4 nahezu gleich 2 sei. Dann beträgt Δa bzw. $\Delta \alpha + 5$ Winkelminuten, und man erhält für die Konstruktion präziser Sonnenuhren eine durchaus hinreichende Genauigkeit, wie später noch gezeigt wird.

Für die Konstruktion einer Sonnenuhr ist nun die Ermittlung der Wanddeklinatıon kein Selbstzweck; die Wandabweichung wird natürlich für die Berechnung bzw. die Konstruktion der Stundenlinienwinkel z benötigt. Es sei daher „en passant“ der Einfluß des Azimutfehlers Δa bzw. des Deklinatıonsfehlers $\Delta \alpha$ auf den Stundenlinienwinkel z untersucht. Mit z wird bei einer vertikalen Südsonnenuhr der Winkel bezeichnet, der von der Meridianlinie (gleich 12-Uhr-Stundenlinie) und einer bestimmten Stundenlinie gebildet wird.

Werden die geographische Breite des Sonnenuhrstandortes mit φ , die Wanddeklinatıon mit α und die dem Stundenlinienwinkel z zugeordnete Ortszeit mit t bezeichnet, dann kann z mit Hilfe der Gleichung

$$\tan z = \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi \sin \alpha + \cos \alpha \cot t} \quad (11)$$

berechnet werden.

Aus der Gleichung (11) ergibt sich

$$\frac{dz}{d\alpha} = \frac{\cos \varphi (\sin \alpha \cot t - \sin \varphi \cos \alpha)}{\cos^2 \varphi + (\sin \varphi \sin \alpha + \cos \alpha \cot t)^2} \quad (12)$$

bzw.

$$\Delta z = \frac{\cos \varphi (\sin \alpha \cot t - \sin \varphi \cos \alpha)}{\cos^2 \varphi + (\sin \varphi \sin \alpha + \cos \alpha \cot t)^2} \cdot \Delta \alpha \quad (13)$$

In der Abb. 5 wurden mit $\varphi = +51^\circ$ und $\alpha = +15^\circ$ die Zahlenwerte des Differentialquotienten $dz/d\alpha$ über der Zeitachse von $t = -90^\circ$ bis $t = +90^\circ$ grafisch aufgetragen.

Für $t = 0^\circ$ (12^h Ortszeit) ist $dz/d\alpha$ gleich Null, d. h. die Zeitangabe der Sonnenuhr wird bei $t = 12^h$ von einem möglicherweise vorhandenen Deklinatıonsfehler nicht beeinflusst. Zu $dz/d\alpha$ gleich Null

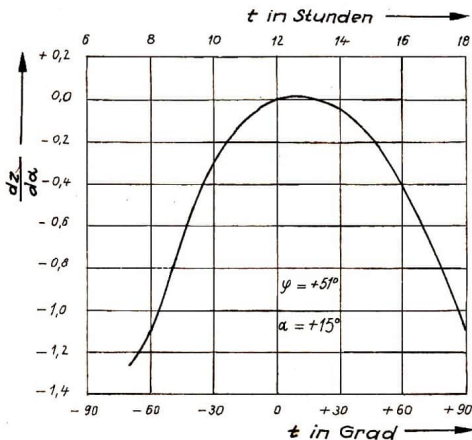


Abb. 5:
Einfluß eines
Deklinatıonsfehlers auf den
Stundenlinienwinkel zu
verschiedenen Tageszeiten.

kommt man auch, wenn in der Gleichung (12) nach Kürzung mit $\cot^2 t$ die Variable $t = 0^\circ$ gesetzt wird. Die andere Nullstelle der dargestellten Funktion hängt von der Richtung der Substilare ab. (Die Substilare ist die orthogonale Projektion des Polstabes auf die Zifferblattebene.) Die Meridianlinie und die Substilare bilden einen mit f bezeichneten Winkel, dessen Größe durch die Relation $\tan f = \cot \varphi \sin \alpha$ bestimmt wird. Aus dieser Beziehung und der Gleichung (11) ergibt sich, daß zum Zeitpunkt $t = t_{\text{sub}}$, d. h. wenn $z = f$ ist,

$$\cot t_{\text{sub}} = \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin \alpha \cos \alpha} \cdot \sin \varphi \quad (14)$$

gilt. Setzt man die rechte Seite der Gleichung (14) in der Gleichung (12) anstelle von $\cot t$ ein, wird der Zähler gleich Null und der Nenner ungleich Null, wodurch die zweite Nullstelle in der Abb. 5 begründet ist. Auch an dieser Stelle ($t = t_{\text{sub}}$) ist ein Deklinationsfehler bedeutungslos. Mit $\varphi = +51^\circ$ und $\alpha = +15^\circ$ erhält man mit der Gleichung (14) $t_{\text{sub}} = 19,2^\circ$ (vgl. Abb. 5). Zwischen $t = 0^\circ$ und $t = t_{\text{sub}}$ ist $dz/d\alpha$ positiv, aber fast Null. Daß bei positiven Deklinationsfehlern $\Delta \alpha$ und negativen Werten der Ableitung $dz/d\alpha$ — wie beinahe ausnahmslos in Abb. 5 — die Stundenlinienfehler Δz — s. Gleichung (13) — negativ sind, hat zur Folge, daß die Stundenlinienwinkel z zu klein konstruiert werden. Die Sonnenuhr geht vor, weil der Polstabschatten die falschen Stundenlinien zu zeitig überdeckt.

Zum Schluß der theoretischen Ausführungen sei die berechtigte Frage beantwortet, wieviel Zeitsekunden oder -minuten eine vertikale, deklinierende Sonnenuhr mit den Daten $\varphi = +51^\circ$, $\alpha = +15^\circ$ und $\Delta \alpha = +5'$ z. B. nachmittags vorgeht.

Aus der Gleichung (11) erhält man dt/dz und damit

$$\Delta t = \frac{\cos \varphi \sin^2 t}{\cos \alpha \sin^2 z} \cdot \Delta z \quad (15)$$

Wird in der Gleichung (15) $\varphi = +51^\circ$, $\alpha = +15^\circ$, $t = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, \dots, 90^\circ$ gesetzt und berechne) man die den Winkeln t zugeordneten z -Werte mit Gleichung (11) und die Δz -Werte mit Gleichung (13) und setzt diese Werte ebenfalls ein, so gewinnt man Δt zunächst in Winkelminuten ($'$), die ins Zeitmaß umzurechnen sind.

Eine Durchrechnung mit dem Rechenstab ergab die in der nachstehenden Wertetafel zusammengestellten Ergebnisse als Antwort:

Ortszeit	1h	2h	3h	4h	5h	6h
Uhrstand	+0,3 s	-1,8 s	-5,2 s	-9,4 s	-13,2 s	-15,5 s

Auf den ersten Blick erscheinen diese durch den Zeitfehler $\Delta t = +10$ s verursachten Abweichungen vom Sollwert geringfügig. Es ist jedoch zu beachten, daß dabei der Polstab völlig fehlerfrei gerichtet sein muß und keine weiteren Fehler vorliegen. Wäre z. B. der Azimutfehler $\Delta a = \pm 1^\circ$, was unter den zugrunde gelegten Voraussetzungen einem Zeitfehler von ± 2 min (!) entsprechen würde, betrüge der

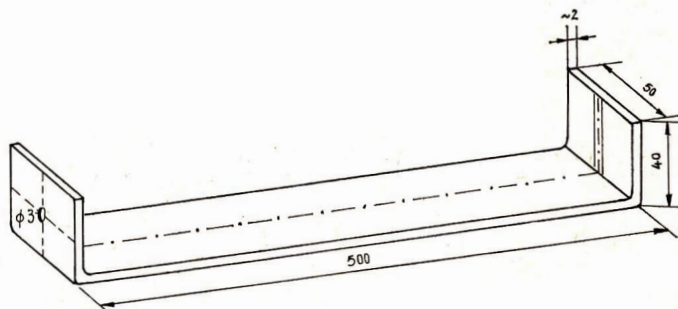


Abb. 6: Skizze eines Diopter-Anlege-Lineals.

Uhrstand um 6^h Ortszeit $\pm 3,2$ min. Diese Angaben demonstrieren überzeugend, daß die Sonnenzeit-azimutmessung für die Ermittlung der Deklination einer als Träger einer Sonnenuhr vorgesehenen vertikalen Wand vollauf ausreichend ist.

2. Hinweise für die Praxis

Als Meßgeräte werden nur ein „Diopter-Anlege-Lineal“ und eine Uhr benötigt.

Das Lineal kann leicht hergestellt werden (s. Abb. 6). Auf einem etwa 600 mm langen und 50 mm breiten, nicht zu dicken Aluminiumstreifen beispielsweise mit parallelen Längskanten wird die Mittellinie (Strichpunktlinie der Abb. 6) leicht, aber genau angerissen. Der Skizze entsprechend wird an einem Ende ein Loch mit $d = 3$ mm Durchmesser gebohrt, am anderen Ende werden parallel zur Mittellinie und zu ihr im Abstände von 1,5 mm zwei Rillen eingraviert, die mit Farbe ausgelegt werden können. Wichtig ist, daß die Lochmitte und die Mittellinie zwischen den beiden Rillen von den Längskanten genau gleichweit entfernt sind. Auf der Unterseite des Streifens kann zur Befestigung auf einem Fotostativ ein Gewinde ($3/8''$ oder $1/4''$) als Schraubenmutter eingeschnitten werden.

Schließlich wird der Aluminiumstreifen an beiden Enden auf eine Länge von etwa 40 mm rechtwinklig umgebogen.

Die Handhabung dieses „Diopter-Anlege-Lineals“ ist einfach: Eine Längskante und die beiden angrenzenden kurzen rechtwinklig zu ihr stehenden Kanten werden so an die Wand gelegt, daß das Bild der Sonne auf der Innenfläche mit den beiden Rillen erscheint. Wenn es genau zwischen ihnen steht (die beiden Rillen Tangenten des Sonnenbildes sind oder als Sekanten flächengleiche Segmente des kreisrunden Sonnenbildes abschneiden), dann stimmt das Azimut der Sonne mit dem Azimut der Wand überein. Der genaue Zeitpunkt dieses Ereignisses ist zu notieren. Als Zeitmesser kann eine Armbanduhr mit großem Sekundenzeiger verwendet werden, wobei der Uhrstand möglichst stündlich zu ermitteln ist. Unter dem Uhrstand versteht man die Differenz aus der richtigen Zeit minus der angezeigten Zeit; eine Uhr, die vorgeht, hat demnach einen negativen Uhrstand. Die tägliche Änderung des Uhrstandes nennt man den Gang der Uhr. Die Gangänderung von Tag zu Tag, die möglichst klein sein soll, bestimmt die Güte einer Uhr.

Weitere Einzelheiten zur Zeitbestimmung können dem Artikel von Dr. Werner Pfau: Zeitbestimmung durch den Amateur („Astronomie und Raumfahrt“, Nr. 6/1973, S. 161) entnommen werden.

Mit Hilfe stündlich ausgestrahlter Rundfunkzeitzeichen kann man den Uhrstand vor und nach der Sonnenzeitazimutbeobachtung feststellen und seine Größe zum Zeitpunkt der Beobachtung durch Interpolation leicht ermitteln.

Falls zur Bestimmung der geographischen Koordinaten des Sonnenuhrstandortes keine topographische Karte M 1 : 25 000 zur Verfügung steht, kann mit ausreichender Genauigkeit auch ein guter Atlas verwendet werden.

Schließlich wird noch ein astronomisches Jahrbuch benötigt. Zur Ermittlung der Sonnendeklinationen, der Zeitgleichung usw. ist der jährlich von Dr. Paul Ahnert herausgegebene „Kalender für Sternfreunde“ geeignet.

3. Ein Zahlenbeispiel der Praxis

Nachstehend seien Meßwerte und Auswertung einer Sonnenzeitazimutbeobachtung aus der Praxis des Verfassers in Form eines tabellarischen Protokolls dargeboten. Diese Darstellung ermöglicht eine gute Übersicht, gestattet adäquate Wiederholungen und Anwendungen und erleichtert Vergleiche mit anderen Azimutbestimmungen.

Die waagerechten Zeilenräume 1. bis 9. des Protokolls enthalten die notwendigen Daten und Meßwerte, die Zeilenräume 11. bis 20. die rechnerische Auswertung; im Raum 10. stehen die verwendeten Formeln. Alle Winkel wurden zunächst in Altgrad, Minuten und Sekunden angegeben und zur Berechnung in dezimalgeteilten Altgrad umgewandelt und bis auf drei Stellen hinter dem Komma gekürzt. Für die logarithmischen Berechnungen wurde Küstner: Fünfstellige Logarithmen für dezimalgeteilten Altgrad, 19. Aufl., Leipzig 1971, benutzt.

Die Verwandlung von Zeitmaß in Gradmaß erfolgte mit einer Tabelle in Dr. Paul Ahnert: Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen, S. 22, Leipzig 1961.

Die rechnerische Ergebnis im Zeilenraum 20. wurde auf zwei Stellen hinter dem Komma gekürzt und einer Fehlerbetrachtung unterzogen. Dabei wurde ein geschätzter Zeitfehler von $\Delta t = \pm 10$ s zugrunde gelegt.

Aus der Abb. 4 ist nach entsprechenden Interpolationen zu entnehmen, daß bei der Sonnendeklination $\delta = +9^\circ$ und der Beobachtungszeit um etwa 10^h der Einfluß eines Zeitfehlers Δt auf den Azimutfehler Δa rund das 1,2fache beträgt.

Mithin ergibt sich

$$\Delta a \cong \pm 1,2 \cdot 10 \text{ s} = \pm 12 \text{ s} \cong \pm 3' = \pm 0,05^\circ.$$

Wiederholungsmessungen zur Gewinnung einer Meßreihe sind im vorliegenden Falle wegen der verhältnismäßig großen Wandabweichung ($\alpha = +45,8^\circ$) nur an anderen Tagen möglich. Das ist ein gewisser Nachteil der vorgetragenen Methode, der aber dadurch ausgeglichen wird, daß vom Beobachter kein perfektionierter Umgang mit Theodoliten und Chronometern verlangt wird.

Ergebnis:

Für die Berechnung der Stundenlinienwinkel z und der Polstabskomponenten f und g kann die Wanddeklinations $\alpha = +45,80^\circ \pm 0,05^\circ$ zugrunde gelegt werden.

Literatur:

- Drecker, Joseph: Die Theorie der Sonnenuhren (Geschichte der Zeitmessung und der Uhren. Herausgegeben von E. von Bassermann-Jordan, Lieferung E) Berlin und Leipzig 1925.
 Harnisch, E.: Vermessungskunde (Band 9 Astronomische Orientierungen · Lehrplangebundene Fachliteratur · Ingenieurschule für Geodäsie und Kartographie Dresden) Dresden 1963.
 Löschner, Dr. Hans: Über Sonnenuhren. Beiträge zu ihrer Geschichte und Konstruktion nebst Aufstellung einer Fehlertheorie, 2. Aufl. Graz 1906.
 Ramsayer, Dr.-Ing. Karl: Geodätische Astronomie (Jordan/Eggert/Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, 10. Aufl., Band 11a) Stuttgart 1970.
 Sakatow, P. S.: Lehrbuch der höheren Geodäsie. Berlin 1957.
 Weigert, Prof. Dr. A./Zimmermann, Dr. H.: Brockhaus *abc* Astronomie, 3. Aufl. Leipzig 1971.
 Wirtz, Dr. Carl: Tafeln und Formeln aus Astronomie und Geodäsie, Berlin 1918.

Eine Sonnenzeitazimutbeobachtung und ihre Auswertung

1.	Standortbezeichnung	Fröbelturm Oberweißbach
2.	Geographische Koordinaten	
2.1.	nördliche Breite	$\varphi = 50^\circ 34' 40'' = 50,578^\circ$
2.2.	östliche Länge	$\lambda = 11^\circ 09' 05'' = 11,151^\circ$
3.	Ortszeitdifferenz	$\Delta\tau = 3^\circ 50' 55'' = 3,849^\circ$ $\triangleq 15 \text{ min } 24 \text{ s}$
4.	Beobachter	Dipl.-Forst-Ing. Bierögel
5.	Tag der Beobachtung	12. 4. 1974
6.	Tageszeit der Beobachtung	
6.1.	Uhrablesung	$10^{\text{h}}05^{\text{m}}57^{\text{s}}$
6.2.	Uhrkorrektion	-12^{s}
6.3.	Uhrzeit	$10^{\text{h}}05^{\text{m}}45^{\text{s}}$
7.	Kulmination der Sonne	
7.1.	auf dem 15. Meridian	$12^{\text{h}}00^{\text{m}}53^{\text{s}}$
7.2.	auf dem Ortsmeridian	$12^{\text{h}}16^{\text{m}}17^{\text{s}}$
8.	Stundenwinkel	$t = -2^{\text{h}}10^{\text{m}}32^{\text{s}}$ $t \triangleq -32^\circ 38' 00'' = -32,633^\circ$
9.	Deklination der Sonne (linear interpoliert)	$\delta = +8^\circ 35' 56'' = +8,599^\circ$
10.	$\tan a = \frac{\tan t \cdot \cos m}{\sin(\varphi - m)}$;	$\tan m = \frac{\tan \delta}{\cos t}$
	Numeri	Logarithmen
11.	$\tan \delta = \tan 8,599^\circ$	$9.17960 - 10$
12.	$\cos t = \cos(-32,633^\circ)$	$-9.92538 - 10$
13.	$\tan m$	$9.25422 - 10$
14.	$m = 10,180^\circ; \varphi - m = 40,398^\circ$	
15.	$\tan t = \tan(-32,633^\circ)$	$9.80641 - 10(n)$
16.	$\cos m = 10,180^\circ$	$+9.99311 - 10$
17.	$\sin(\varphi - m) = \sin 40,398^\circ$	$9.79952 - 10(n)$
18.	$\tan a$	$-9.81164 - 10$
19.	$a = -44,201^\circ = +315,799^\circ$	$9.98788 - 10(n)$
20.	$= +45,799^\circ$	

Eine drehbare Sternkarte im Taschenformat

WERNER HÄNERT

Ein grundlegendes Hilfsmittel, mit dem man sich am Sternhimmel zurechtfinden kann, ist eine drehbare Sternkarte. Leider sind die handelsüblichen und auch die drehbaren Schülersternkarten so großformatig, daß man sie nicht ständig bei sich führen kann. Für ein Kennenlernen des gestirnten Himmels ist aber ausschlaggebend, jederzeit bei Bedarf eine drehbare Sternkarte zur Verfügung zu haben. Diese Forderung erfüllt eine drehbare Sternkarte im Taschenformat.

Nach der folgenden Anleitung läßt sich eine solche drehbare Sternkarte selbst anfertigen. Man benötigt dazu die fünf dargestellten Einzelteile, dünnen Karton, Klebstoff und eine Schere.

Original = 119 × 119 mm



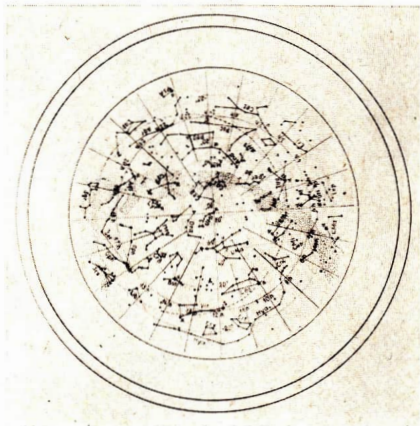
Teil 1:
Rückseite mit dem Verzeichnis der dargestellten Sternbilder und der hellsten Sterne.

Original = 119 × 119 mm



Teil 4:
Führungsring.

Original = 119 × 119 mm



Teil 2:

Karte des nördlichen Sternhimmels
mit den Koordinaten Rektaszension
(1h, 2h, ..., 24h) und Deklination
(-20° , 0° , ..., $+90^\circ$).

Original = 119 × 119 mm

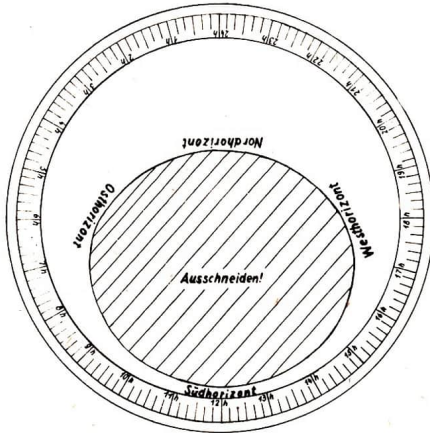


Teil 5:

Ring mit Monatsteilung. Die Mo-
nate sind in Felder zu je 5 Tagen
unterteilt.

Um die drehbare Sternkarte strapazierfähig zu gestalten, klebt man zunächst die Teile 1, 2, 3 und 5 auf dünnen Karton und schneidet sie danach sauber aus. Die Teile 1, 2, 4 und 5 müssen alle den gleichen Außendurchmesser haben. Nun werden die Teile 1 und 2 fest zusammengeklebt, so daß die bedruckten Seiten außen liegen.

Der Führungsring (Teil 4) nimmt Teil 3 auf, das sich in dem Führungsring leicht drehen soll, ohne daß es wackelt. D. h., der Innendurchmesser des Führungsringes muß nur ein wenig größer sein als der Außendurchmesser der drehbaren Scheibe (Teil 3). Diese beiden Kreise müssen glatt und sehr gut rund gearbeitet werden. Außerdem wird Teil 4 aus etwas dickerem Karton hergestellt als Teil 3, damit Teil 3 nicht durch Teil 5 festgeklemt wird. Sind diese Bedingungen erfüllt, klebt man Teil 4 auf Teil 2 und achtet darauf, daß die äußeren Ränder beider Teile gut aufeinanderliegen. Nach innen herausgedrückter Klebstoff wird entfernt. Sind beide Teile fest verbunden, probiert man, ob sich Teil 3 leicht und ohne großen Spielraum in dem Führungsring rundum drehen läßt. Eventuell muß Teil 3 etwas nachgearbeitet werden.



Teil 3:
Drehbare Scheibe mit dem Ausschnitt des sichtbaren Himmels und der Tageseinteilung von 1 Uhr bis 24 Uhr, in je 10 Minuten unterteilt.

Um Teil 5 aufzukleben, verfährt man folgendermaßen: Die Fläche des Führungsrings (Teil 4) wird sauber mit Klebstoff bestrichen. Es ist darauf zu achten, daß kein Klebstoff in den Innenraum dringt, da sonst Teil 3 anklebt und sich später nicht mehr drehen läßt. Nun legt man Teil 3 so in den Führungsring ein, daß die Linie für 12 Uhr (Südhorizont) auf die Linie des Stundenkreises der Rektaszension 24 h zu liegen kommt. Teil 5 wird nunmehr so auf den Führungsring aufgelegt, daß der 21. März (schätzen, da nur jeder 5. Tag markiert ist!) am Stundenkreis 24 h liegt. Hat sich Teil 3 nicht verschoben, liegt an der gegenüberliegenden Seite der 23. September an der Linie für 24 Uhr. Da Teil 5 nach innen über den Führungsring hinausragt, kann Teil 3 nun nicht mehr herausgenommen werden.

Will man diese Sternkarten in größerer Stückzahl herstellen — z. B. für Arbeitsgemeinschaften oder als Klassensatz —, empfiehlt es sich, von den Teilen 1, 2, 3 und 5 Fotokopien (kartonstark) herzustellen. Teil 4 zeichnet man sich auf stärkeren Karton auf. Dann verfährt man wie oben.

Wurde sauber und exakt gearbeitet, besitzt man eine kleine, stabile drehbare Sternkarte, die mit hinreichender Genauigkeit alle Anforderungen erfüllt, die an ein solches Hilfsmittel gestellt werden können.

Als besonders geeigneter Klebstoff erwies sich „CENUSIL“ (Silikon-Kautschuk). Es dauert nur etwas länger, bis er vollständig ausgehärtet ist.

Beobachtung des GRF auf Jupiter 1974

Beobachter: Hartmut Bretschneider, Pionier- und Volkssternwarte Schneeberg/Erzgeb.

Datum	Luft	Beobachter-Gerät	Beobachtungszeit (MEZ)	jovigraphische Länge
15. 8.	2	C 150/2250	21 ^h 57 ^m	17°6
10. 10.	1	C 150/2250	18 ^h 21 ^m	36°0
8. 11.	3	R 50/540	17 ^h 18 ^m	26°6
17. 11.	3	R 50/540	10 ^h 46 ^m	27°6
25. 11.	2	R 50/540	16 ^h 28 ^m	28°9

Positionsangabe ist auf Fleckenmitte bezogen.

Anmerkung der Redaktion: Alle weiteren Beobachter werden gebeten, ihre Beobachtungsergebnisse zum gleichen Objekt an das Mitglied des Zentralen Fachausschusses Astronomie, Hans-Joachim Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Straße 44, einzusenden.

Helles Meteor beobachtet

Am 16. 11. 1974 beobachtete ich ein helles Meteor, das im Maximum eine scheinbare Helligkeit von etwa – 5 Größenklassen besaß und etwa 4 s lang leuchtete.

Die Koordinaten der Flugbahn wurden in
Rektaszension: von 13^h36^m bis 14^h22^m und in
Deklination: von – 9°45' bis – 16°39' bestimmt.

Färbung: Der Kopf des Meteors war weißlich, dahinter orange, der Schweif leuchtete etwas nach. Es wurde keine Rauchentwicklung beobachtet. Der Lichtausbruch dauerte 1 s.

Instrument: Telememor 63/840

Zeit: 22^h18^m MEZ

Sicht: 2 **Luft:** 2

geringe Cumulusbewölkung

Störende Einflüsse: keine

UWE BERGMANN

Kurzberichte

Lichtbildreihe „Astronomie“ zurückgezogen

In den letzten Jahren erwarben zahlreiche Amateurastronomen und -sternwarten zu Lehr- und Vortragszwecken die von der Arbeitsgemeinschaft „Wissen und Bild“ entwickelte und von der Lehrmittelhandlung „Kind und Erziehung“ K. G. vertriebene Dia-Serie „Astronomie“.

Da die überwiegende Anzahl der Bildinhalte nicht mehr den neuen Forschungsergebnissen entspricht, zogen die o. g. Institutionen diese Lichtbildserie zurück.

Allen bisherigen Benutzern empfehlen wir, die Bilder dieser Reihe aus ihrem Bestand auszusondern bzw. diese Bilder für ihre populärwissenschaftliche Tätigkeit oder bei ihrer Lehrtätigkeit in Kinder- und Jugendarbeitsgemeinschaften nicht mehr zu verwenden.

At

Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg: Leitungswechsel

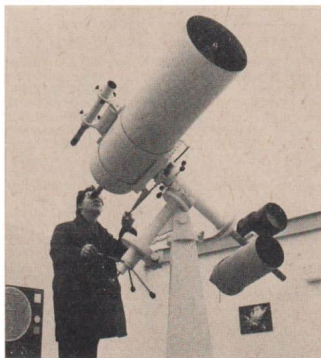
Der verdienstvolle bisherige Direktor des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg, Prof. Dr. Nikolaus Richter, trat nach Erreichen der Altersgrenze am 1. Februar 1975 in den Ruhestand. Am gleichen Tage wurde das Redaktionsmitglied unserer Zeitschrift, Dr. Siegfried Marx, als neuer Direktor des Observatoriums berufen und eingeführt.

At

Die Volkssternwarte Drebach

Drebach liegt im mittleren Erzgebirge im Kreis Zschopau. Der Ort hat knapp 3000 Einwohner.

Die Sternwarte wurde 1969 der Bestimmung übergeben.



Sie befindet sich in Ortsmitte am Schulneubau in 487 m ü. NN. Für Beobachtungen (besonders auch für fotografische Arbeiten) ist die Lage denkbar günstig. Rauchentwickelnde Industrie ist in weitem Umkreis nicht vorhanden; die nächste größere Stadt ist Karl-Marx-Stadt.

1966/67 wurde in Drebach die modernste Schule des Kreises errichtet. Im Zuge des Schulneubaus wurden für das Fach Astronomie hochwertige Fernrohre und Nebengeräte bereitgestellt. Um diese Lehrmittel sinnvoll zu nutzen – seit 1966 bestand eine Arbeitsgemeinschaft Astronomie – reifte der Gedanke, eine kleine Schulsternwarte zu bauen; sie war ab 1969 arbeitsfähig. Das Gebäude ist in einen Beobachtungs- und einen Arbeitsraum unterteilt. Das Dach des Beobachtungsraumes ist abfahrbar.

Im Laufe der Jahre erwies sich, daß die Schulsternwarte durch zunehmende populärwissenschaftliche Tätigkeit in räumlicher und instrumenteller Hinsicht den Anforderungen nicht mehr gewachsen war. 1973 wurde deshalb ein Erweiterungsbau geplant, der, ausschließlich Beobachtungszwecken dienend, 1974 verwirklicht wurde. Geschaffen wurde ein Gebäude – wiederum mit abfahrbarem Dach – zur Aufnahme des Hauptinstrumentes.

Die Ausrüstung der Sternwarte berechtigt uns zu behaupten, daß wir zu den modernen Volks- und Schulsternwarten der DDR zählen.

In der alten Sternwarte ist ein „Cassegrain-Méniscus“ 150/900/2250 mm auf einer Ib-Montierung mit zwei Astrokameras (56/250 mm und 60/270 mm) untergebracht.

Stolz sind wir auf unser Hauptinstrument – einen Cassegrain 300/1800/4500 mm. Die stabile Montierung (50-mm-Achsen) wurde im VEB DKK Scharfenstein kostenlos gebaut. Die Optik und die Konstruktion des Gerätes stammen von Herrn Oskar Homeyer, Stralsund. An der Deklinationsachse befinden sich die Zeiss-Spiegelobjektive mit den Kenndaten Lichtstärke 1:4, f = 500 mm und 1:5.6, f = 1000 mm in Verbindung mit Kleinbildkameras.

Auf die fotografische Ausrüstung wurde, bedingt durch die erwähnten günstigen Umstände, großer Wert gelegt.



Weiterhin können zu Beobachtungen und zu Messungen ein 80/840-mm-Refraktor und zwei Theodolite eingesetzt werden. Eine Kleinbildkamera mit einem Weitwinkelobjektiv „Flektogon“ 1:4, $f = 20$ mm steht gleichfalls zur Verfügung.

An wichtigen Nebenausrüstungen wären zu nennen: 1 Mond- und Planetenkamera, 1 Positionsfadennuklidometer mit Dunkelfeldbeleuchtung, binokularer Ansatz, Ferngläser, Okularspektroskop u. a.

Für Unterricht und außerschulische Betätigung stehen z. T. selbstgefertigte Lehrmittel und Demonstrationsmodelle bereit. Eine umfangreiche Bücher- und Diasammlung ergänzen die optische Ausstattung.

Die Sternwarte hat einen gegenwärtigen Wert von etwa 100 000 M. und ist Vortragszentrum des Kreises Zschopau auf den Gebieten Astronomie/Astronautik.

Durch Initiative einiger Astronomielehrer konnten die Pflichtbeobachtungsabende für mehrere Schulen in Drebach durchgeführt werden. Den Pflichtbeobachtungsabenden und der Lehrerweiterbildung (seit 1972 im Programm der Sternwarte) gilt weiterhin großes Augenmerk.

Geplant ist ferner, eine Fachgruppe des Kulturbundes der DDR zu gründen und zwei Schülerarbeitsgemeinschaften ins Leben zu rufen. Die Beobachtung veränderlicher Sterne soll wieder größere Beachtung finden.

Wir beabsichtigen, noch ein großes Gerät aufzustellen. In Auftrag wurde deshalb ein Cassegrain 500/3000/7500 mm gegeben, der in etwa drei Jahren einsatzbereit sein soll. Wir verbinden damit die Absicht, eventuell eine lichtelektrische Meßeinrichtung zur Beobachtung Veränderlicher zu schaffen.

KARLHEINZ MÜLLER
Leiter der Sternwarte

Ausstellung in Röbel

Auf Initiative des Unterzeichneten fand im Kreiskulturhaus in Röbel (Müritz) vom 20. bis 24. Januar 1975 eine

Ausstellung statt, die sowohl astronomischen als auch astronautischen Problemen gewidmet war.

Sie gliederte sich in vier Abteilungen: Geschichte der Astronomie; Die Astronomie heute; Astronautik; Die astronomische Arbeitsgemeinschaft Röbel; wofür 65 Reproduktionen angefertigt wurden.

Eine solche Ausstellung war für Röbel und Umgebung etwas Neues. Ein Zeichen dafür, daß das Interesse für die Probleme des Weltalls auch hier gewachsen ist.

Anläßlich des 100. Geburtstages von Bruno H. Bürgel will die AG Röbel erneut mit einer Ausstellung an die Öffentlichkeit treten.

UWE BERGMANN

Zur Gründung eines Bezirksfachausschusses Astronomie Neubrandenburg

Die Bemühungen um das Zustandekommen eines BFA Astronomie im Bezirk Neubrandenburg tragen erste Früchte, so daß diese Lücke bald geschlossen sein kann.

In einer Aussprache mit dem Bezirkssekretär Natur und Heimat der Bezirksleitung des KB der DDR in Neubrandenburg wurde vereinbart, noch im 1. Halbjahr 1975 alle Sternfreunde des Bezirkes zu einer gemeinsamen Beratung einzuladen und die Bildung eines Bezirksfachausschusses zu behandeln oder diesen bereits zu nominieren. Mit der Bildung dieses Bezirksfachausschusses erhoffen sich die Amateurastronomen des Bezirkes einen bedeutenden Aufschwung ihrer Arbeit, eine Förderung des lebhaften Interesses der Jugend für unser Wissensgebiet und die hoffentlich baldige Entstehung einer astronomischen Einrichtung im Bezirk.

UWE BERGMANN

Aus der Literatur

„Besuch“ auf Komet Halley?

Wissenschaftler der NASA trafen Vorbereitungen für Programme, die das Ziel haben, Satelliten in die Nähe verschiedener Kleinplaneten und Kometen zu schicken, um bessere Erkundungsmöglichkeiten über die Entstehung und Entwicklung unseres Sonnensystems zu schaffen. Solche Vorschläge lagen schon vor Jahren für die Rückkehr des Kometen Halley im Jahre 1986 bei sehr günstiger Position vor. Die Vorstellung der neuen Weltraumtechnologie wird wahrscheinlich durch den Flug zum Kleinplaneten Eros im Jahre 1977/78 geschehen. Aber in günstiger Position befinden sich um diese Zeit auch Grigg-Skjellerup (1977) und der Komet Encke (1980). Eine andere Möglichkeit für eine weiche Landung auf Eros um 1979 oder 1981 wäre, daß man die Sonde mit minimalem Energieaufwand zur Erde zurückbringen kann. Die Überführung von Gestein mit dem Raumflugkörper würde ohne Zweifel eine Höchstleistung sein. Die Möglichkeiten für die Annäherung bzw. weiche Landung auf Ceres und Vesta sind ebenfalls gegeben.

Diese Flüge würden große Bedeutung für den im Jahre 1986 wiederkehrenden Halleyschen Kometen haben, aber es sind auch noch Starts von künstlichen Satelliten geplant, die Kleinplaneten von der Trojaner Gruppe aufsuchen und ihre Natur untersuchen.

Die ersten Schritte zur Realisierung dieser Pläne sind durch die Aufstellung bzw. durch die Experimente von „Asteroid and Comet Mission Study Panel“ schon getan. Erste Erfolge werden von diesem Gerätekomplex in naher Zukunft erwartet. Im Jahre 1977 soll ein abgeänderter Satellit vom Typ Pioneer 9/10 auf die Suche nach zwei Kleinplaneten geschickt werden und auch der periodische Komet Forbes soll aufgesucht werden, welcher mit dem Typ Explorer zusammentrifft. Diese Sonde soll im November 1976 starten und an den Kometen Grigg-Skjellerup 1977 und 1979 am Kometen Giacobini-Zinner vorbeifliegen.

Die letzten Entscheidungen über diese zweifellos sehr beachtenswerte und interessante Reihe von Experimenten sind noch nicht getroffen.

Aus der ungarischen Zeitschrift „Föld és Ég“, IX. ÉVF. 4. sz. August 1974, übersetzt von

MIKLÓS VLAHOSZ

Salut 4: Das Experiment „Emission“

Die Lufthülle, die unseren Planeten umgibt, erstreckt sich von der Erdoberfläche aus Hunderte Kilometer in die Höhe. Wie die Atmosphären anderer Planeten leuchtet auch sie. Die unteren Schichten streuen die Sonnenstrahlen, wodurch der Tageshimmel lichtblau erscheint. Die oberen Schichten strahlen eigenes Licht aus.

Für die Entwicklung der Raumfahrt bedurfte es neuer Kenntnisse von der oberen Atmosphäre. Dadurch wurde es auch in größerem Maße möglich, sie zu erforschen. Ihre physikalischen Bedingungen unterscheiden sich wesentlich von denen in Erdnähe und hängen mit Vorgängen zusammen, die sich in Laboratorien kaum reproduzieren lassen. Unter anderem ist die obere Atmosphäre stark erhitzt, ihre Temperatur übersteigt 1000 Grad Kelvin. Bei der Untersuchung der Dynamik der oberen Atmosphäre ist es eines der wichtigsten Probleme, die Quellen für diese Erhitzung zu finden.

Die hauptsächlichsten dieser Wärmequellen ist die Ultraviolettstrahlung der Sonne, die die Atome und die Moleküle ionisiert. Die bei der Ionisierung ausgelösten Elektronen (die sogenannten Photoelektronen) haben überschüssige Energie. Wenn sie auf Teilchen ihrer Umgebung treffen, erwärmen sie diese. Ein Teil der Energie der Photoelektronen dient zur Anregung der umgebenden Atome und Moleküle sowie zur Dissoziation von Molekülen. Komplizierte chemische Reaktionen treten ein, die die Atmosphäre leuchten lassen.

Das nächtliche Leuchten ist auf die Energie zurückzuführen, die am Tage gespeichert wurde. Diese Strahlung ist schwach und kann nur mit sehr empfindlichen Geräten registriert werden. Am Tage sind die photochemischen Reaktionen intensiver, und außerdem wirken zusätzliche Anregungsmechanismen. Deshalb ist auch das Eigenleuchten der Atmosphäre weitaus stärker. Dennoch beträgt es nur wenige Hundertstel der Helligkeit des Himmels, die vom gestreuten Sonnenlicht in der unteren Atmosphäre hervorgerufen wird und kann von der Erde aus faktisch nicht beobachtet werden.

In hohen Breiten ist bei starken Magnetstürmen über der ganzen Erde ein helles, eigenartiges Leuchten zu beobachten, das sogenannte Polarlicht. Sein Spektrum enthält Linien, für deren Anregung eine ziemlich hohe Energie erforderlich ist. Diese Linien treten dadurch auf, daß Energieteilchen von der Sonne – Elektronen und Protonen – in die Atmosphäre eindringen und hier die Atome und Moleküle ionisieren und anregen. Wie bei der Ionisierung durch die Ultraviolettstrahlung der Sonne wird auch dabei die Atmosphäre erwärmt. Darüber hinaus erhitzt sich die Ionosphäre wie beim Polarlicht durch die eindringenden starken elektrischen Ströme, deren magnetischer Effekt den Magnetsturm bildet. Besonders während der Magnetstürme ist es sehr interessant, die Energieverhältnisse der Atmosphäre an den Polen und in den mittleren Breiten sowie die Temperaturschwankungen zu untersuchen.

Die Gastemperatur läßt sich an der Breite der Spektrallinien gut beurteilen, denn sie hängt mit den Geschwindigkeiten der strahlenden Atome direkt zusammen. Für die Messung der Temperatur in der oberen Erdatmosphäre hat sich die rote Linie des atomaren Wasserstoffs am günstigsten erwiesen. Sie ist über unserem Planeten nicht überall gleich stark ausgeprägt, intensiver leuchtet sie über den Polargebieten, aber auch in niedrigeren Breiten. Besonders in der Zone erhöhter Elektronenkonzentration nahe dem Äquator, treten einzelne helle Flecke auf. Bei Magnetstürmen verstärkt sich die Leuchtkraft der roten Linie. An der Intensität lassen sich nach einem Magnetsturm wellenförmige Schwingungen verfolgen, die sich über Tausende von Kilometern in der oberen Atmosphäre von den polaren Breiten zum Äquator ausbreiten.

Intensität und Breite der roten Linie wurden viele Jahre lang nur von der Erde aus gemessen. Die optischen Beobachtungen von Satelliten aus erweitern den Bereich merklich. Heute stehen der Wissenschaft Angaben über die planetare Verteilung der Temperatur der oberen Atmosphäre und deren Veränderungen bei Magnetstürmen zur Zeit maximaler Sonnenaktivität zur Verfügung. Gegenwärtig, in einer Periode minimaler Sonnenaktivität mit erheblich kälterer Atmosphäre, wird diese bei Magnetstürmen unter anderen Bedingungen erhitzt. Deshalb kommt es darauf an, diese Messungen weiterzuführen.

Dazu wurde mit der Orbitalstation Salut 4 das Experiment „Emission“ vorgenommen, das die detaillierte Erforschung der planetaren Charakteristika des Leuchtens, der Intensität und der Breite der roten Linie zum Ziel hatte.

Die Angaben über die planetare Verteilung der Intensität der roten Linie liefern wertvolle Informationen über die Vorgänge in der oberen Atmosphäre. Sehr interessant ist die Anordnung der Linien der Intensitätsverstärkung im Gebiet der äquatorialen Ionosphärenanomalie, die die Ausbreitung der Funkwellen, die Funkverbindung zwischen der nördlichen und der südlichen Hemisphäre stark beeinflußt.

Für die Steuerung bemannter Raumschiffe ist es bedeutungsvoll, die Verteilung der Temperatur und der Intensität des Leuchtens der oberen Atmosphäre zu kennen, da bei Zunahme der Temperatur der oberen Atmosphäre die Luft aus den dichten unteren Schichten aufsteigt, und die Dichte in großen Höhen dadurch zunimmt. Das bremst die Satelliten ab und wirkt sich folglich auf die Bahnparameter aus. Bei vielen Experimenten (besonders bei der Kopplung von Raumkörpern) muß man diese Bahnparameter jedoch im voraus sehr genau kennen.

Die Entstehung von Infraschallstoßwellen in der Atmosphäre polaren Breiten bei Magnetstürmen und die von ihnen ausgehenden wellenförmigen Schwingungen der Elektronenkonzentration können sich, wenn ein Satellit diese Wellen schneidet, auf die Funktion seiner Geräte auswirken und die Funkverbindung stören.

Die Theorie der Vorgänge, die sich beim Polarlicht in der oberen Atmosphäre abspielen, ist faktisch erst im Entstehen. Das Experiment „Emission“ mit Salut 4 wird zweifellos dazu beitragen, einige wichtige wissenschaftliche Probleme zu lösen.

T. Muljartschik, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Weltraumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Kandidat der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, in Prawd'a, 2. Februar 1975, nach PdSU 11/75.

Phobos kehrt Mars immer die gleiche Seite zu

Ein Atlas des Marsmondes Phobos ist erstmals von Mitarbeitern der NASA und Fachleuten von mehreren amerikanischen Universitäten zusammengestellt worden. Grundlage für das Werk waren 32 Nahaufnahmen dieses Marsmondes, die von der Marssonde Mariner 9 im Jahre 1971 angefertigt wurden. Phobos, der kartoffelförmige und größere der beiden Marsmonde, hat mit 27 km seinen größten Durchmesser und ist wegen seiner minimalen Größe und des geringen Abstandes vom Mars von der Erde aus immer höchst schwierig zu beobachten.

Die 32 Aufnahmen überdecken rund 80 Prozent der Oberfläche des Phobos. In Anbetracht der überaus unregelmäßigen Form dieses Mondes erwies sich die Ermittlung einer Referenzoberfläche für das für die Kartierung erforderliche Gradnetz als überaus kompliziert. Schließlich konnte dafür ein dreiachsiges Ellipsoid festgelegt werden, dessen drei Hauptachsen 13,5, 11,5 und 9,5 km lang sind. Die reale Oberfläche weicht von dieser idealen Form bis zu 20 Prozent ab. Mit Hilfe dieses Bezugssystems konnte an Hand der Aufnahmen der Schluß gezogen werden, daß Phobos dem Mars immer die gleiche Seite zukehrt, also synchron um ihn rotiert. Die längste Achse des „Ellipsoids“ weist auf den Mars, die mittlere liegt in der Bahnebene, und die kürzeste steht senkrecht darauf. Das entspricht der Einstellung, die auch ein rotierender Satellit, durch Gezeitenkräfte auf seinen niedrigstmöglichen Energiestand gebracht, einnehmen würde.

Die Karte des Phobos weist 50 Krater aus, von denen sieben einen Namen erhalten haben. Ein langer Rücken wurde zum Beispiel nach Kepler benannt. Auf Grund der großen Kraterdichte nehmen Fachleute an, daß der Phobos sich schon sehr früh in der Entwicklung des Sonnensystems als selbständiger kompakter Körper gebildet hat. Seine geringe Lichtreflexion deutet darauf hin, daß er aus basaltähnlichem Material besteht. Wahrscheinlich ist er, wie lokale Helligkeitsschwankungen vermuten lassen, mit einer feinen Staubschicht bedeckt, die von Meteoriteneinschlägen herrührt. Vulkanismus ist nach Ansicht der Fachwelt bei den geringen Ausmaßen des Marsmondes ausgeschlossen.

Aus: ND, 8./9. 2. 75

Lebensformen auf Jupiter?

Daten, welche die amerikanische Jupitersonde Pioneer 11 zur Erde übermittelte, lassen nach Mitteilung der amerikanischen Raumfahrtbehörde die Polregionen am geeignetsten erscheinen, wenn man nach Lebensspuren auf diesem Planeten forschen will. Nach den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen enthält die dichte Atmosphäre des Jupiter zwar alle für die Entwicklung niederer Organismen erforderlichen chemischen Verbindungen, doch die starke atmosphärische Zirkulation sowie die hohen Temperaturen lassen es kaum glaubhaft erscheinen, daß auf der Oberfläche des Planeten Lebensformen entstanden sein könnten. An den Jupiterpolen seien die Windgeschwindigkeiten allerdings weniger hoch als in äquatorialen Gebieten, dafür sei die Oberflächentemperatur des Planeten immer noch „viel zu lebensfeindlich“. Vorstellbar sei hingegen, daß sich Lebensformen in den höheren Wolkenschichten herausgebildet haben.

Aus: ND, 22. 3. 75

Effelsberg geringere Leistung?

Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg (BRD) des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie soll nach neueren Untersuchungen nicht die erwartete Leistung bringen. Nach NTZ erweist sich die Ausnutzung der Parabol-Antennenfläche um etwa 30 Prozent geringer als vorausberechnet. Als Grund wird angegeben, daß die Stützen der Primärfokus-Kabine die Antennenfläche zu stark abschatten.

Mehr Hinweise auf extraterrestrisches Leben

Methylamin $\text{CH}_3\text{-NH}_2$, ein organisches Molekül, wurde zwischen dem 11. und 14. März 1974 von dem australischen Forscher Fourikis in Zusammenarbeit mit den Japanern Morimoto und Tagaki im Zentrum unserer Milchstraße entdeckt, wobei das 64-m-Radioteleskop in Parkes, New South Wales, Australien, benutzt wurde. Quelle der Methylamin-Strahlung ist Sagittarius B 2, ein dichter Molekülnebel nahe dem Zentrum unserer Galaxis, etwa 30000 Lj. von unserer Erde entfernt. Dieses Gebiet ist auch die wichtigste Stelle für organische Moleküle in unserer Galaxis und gleichzeitig der Ort, wo eine schnelle Entstehung von Sternen stattfindet. Die Forscher fanden Methylamin gleichzeitig im nur 1500 Lj. entfernten Orion-Nebel.

Durch die Entdeckung des Methylamins ist die Liste der bisher außerhalb des Sonnensystems nachgewiesenen präbiotischen organischen Moleküle um ein wichtiges Glied angewachsen. Formaldehyd wurde bereits im November 1973 in den 6 bzw. 12 Millionen Lj. entfernten Galaxien NGC 253 und NGC 4945 entdeckt.

Formaldehyd HCHO ist chemisch mit Ameisensäure HCOOH sehr nahe verwandt, und Ameisensäure seinerseits kann mit Methylamin in einfacher chemischer Reaktion unter Bildung von Glycin $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ reagieren, der einfachsten der Aminosäuren, die ihrerseits die Grundbausteine der Eiweiße sind.

Aus: Naturw. Rdsch. 27/12/74.

Bz.

Das Raumfahrtprojekt Spacelab

Mit einem Beschluß der Europäischen Weltraumkonferenz ESC vom 31. Juli 1973 war neben den beiden europäischen Raumfahrtprogrammen MAROTS (maritimer Erdsatellit) und ARIANE (Satelliten-Trägerrakete) auch das Programm Spacelab verabschiedet worden, das als westeuropäischer Beitrag zum amerikanischen Nach-Apollo-Programm anzusehen ist und West-Europa erstmals den Zutritt zur bemannten Raumfahrt bringen wird. Das Spacelab, ein flexibel gestaltetes Raumlaboratorium von maximal 4,2 m Durchmesser und 18,3 m Länge, soll ab 1980 in der Nutzlastbucht des US-Raumtransporters (Space Shuttle) auf eine niedere Erdumlaufbahn gebracht werden. Nach Beendigung jeder Mission (4 Raumfahrer können maximal 30 Tage im Orbit bleiben) kehrt das Spacelab mit der ebenfalls wiederverwendbaren Raumtransporteroberrstufe zur Erde zurück und steht nach Wartungsarbeiten für einen neuen Flug bereit (Wiederverwendbarkeit: 50 Einsätze oder 10 Jahre).

Nach den gegenwärtigen NASA-Absichten werden bis zu 40% aller geplanten Space-Shuttle-Flüge den Einsatz des Spacelabs erfordern. Anfang 1979 soll die erste Flugeinheit an die NASA abgeliefert werden. Die Entwicklungskosten werden gegenwärtig mit 1,1 Mrd. DM angegeben. An der Finanzierung des Projektes beteiligen sich die BRD (54,1%), Italien (18%), Frankreich (10%), England (6,3%), Belgien, Spanien, Niederlande, Dänemark und die Schweiz.

Bz.

Aus: Naturw. Rdsch. 1/1975.

CTS – ein neues kanadisches Nachrichtensatellitenprojekt

Nach dem erfolgreichen Start und Einsatz der Anik-Nachrichtensatelliten, die ähnlich den sowjetischen Molnija-Typen für den Inland-Fernmeldeverkehr bestimmt sind, plant Kanada für Ende 1975/Anfang 1976 den Start eines weiteren Fernmeldesatelliten mit der Bezeichnung CTS (Communication Technology Satellite). Im Gegensatz zu Anik dient der CTS-Satellit vorwiegend experimentellen fernmeldetechnischen Untersuchungen. Er soll in eine geostationäre Position bei 116 Grad westlicher Länge gebracht werden und ist für eine Lebensdauer von 2 Jahren bestimmt.

Die Leistungsfähigkeit übersteigt die der Anik-Satelliten wesentlich, u. a. durch Einsatz verbesserter Solarzellenpaneele, neuartiger Wanderfeldverstärker sowie eines verbesserten Stabilisierungssystems. Als Betriebsfrequenzen werden der 12-GHz-Bereich für die Strecke Satellit-Erde sowie der 14-GHz-Bereich für die Strecke Erde-Satellit benutzt. Die Signalabstrahlung durch den Satelliten erfolgt mit 200 W.

Das Testprogramm sieht die Erprobung von 4 Typen von Bodenstationen vor, die sich sämtlich durch wesentlich geringere Abmessungen der Strahlerelemente gegenüber heutigen Typen auszeichnen: Ortsfeste Leitstation mit 9 m Antennendurchmesser, vollbewegliche Hauptstation mit einer 10-m-Antenne, Fernempfänger- und Fernmeldeendstelle für Gegenverkehr mit 2,4-m-Antennen, transportable Gegensprech-Endstellen mit Rundfunk-Empfangsstationen mit einer Antenne von 0,9 m Durchmesser.

h—n

Nach: ez, 12 (1974) 23, S. 24.

Algerien nutzt Intelsat-Satelliten für Inland-Nachrichtenverkehr

Nach der UdSSR (System Molnija), Kanada (System Anik) und den USA (System Westar) wird Algerien das vierte Land der Erde und erste des afrikanischen Kontinents sein, das Nachrichtensatelliten für Inlandzwecke nutzt. Grundlage werden die INTELSAT-Satelliten bilden, die bisher ausschließlich internationalen Übertragungen dienen.

Geplant ist die Errichtung von 14 Bodenstationen vor allem in den weit auseinander liegenden, vier Fünftel des Landes ausmachenden Sahara-Gebieten, über die zahlreiche, bisher nicht an Kommunikationsnetze angeschlossene Wüstengebiete Fernmeldeverbindungen abwickeln sowie nationale und internationale TV-Programme, so das nationale Fernseh-Bildungsprogramm empfangen können.

Algerien steht für dieses System ein Transponder eines INTELSAT-Satelliten zur Verfügung. Der Aufbau des Bodennetzes soll im August 1975 abgeschlossen sein.

Ein ähnliches Projekt soll in Norwegen für Nachrichtenverbindungen mit den zahlreichen Ölplattformen am norwegischen Festlandsockel bis November 1975 in Betrieb genommen werden.

h—n

Nach: das elektron International, H. 23/24. 1974, S. 398.

Kohoutek kam von außerhalb unseres Sonnensystems

Zwei chemische Verbindungen, deren Vorhandensein im Kometen Kohoutek entdeckt worden sind, hat die Wissenschaftler in der Annahme bestätigt, daß Kohoutek und andere Kometen außerhalb des Sonnensystems entstanden sind.

In einer Konferenz über die Ergebnisse der an Bord der amerikanischen Raumstation Skylab vorgenommenen wissenschaftlichen Experimente berichteten Wissenschaftler am Donnerstag, daß es sich bei den Verbindungen um Methyloxyanilid und Wasserstoffcyanid handele, die früher nur in interstellarem Staub festgestellt worden waren. Erstmals sind sie nun bei einem Kometen und erstmals auch innerhalb des Sonnensystems entdeckt worden.

Die dritte Skylab-Besatzung hatte im Dezember 1973 und Januar 1974 Tausende von Aufnahmen vom Kometen Kohoutek gemacht. „Es scheint, daß die Ergebnisse von Skylab zusammen mit den ausgedehnten Beobachtungen von Kohoutek, die von der Erde aus vorgenommen wurden, unser Wissen über die Kometen bedeutend erweitern werden“, sagte William Snoddy vom Marshall-Raumflugzentrum der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA.

Die meisten Astronomen stimmen darin überein, daß es sich bei den Kometen um Reste von der Entstehung des Sonnensystems handelt. Darüber jedoch, ob sie zwischen Jupiter und Neptun oder weit draußen im interstellaren Raum gebildet wurden, gehen die Meinungen auseinander.

Die Entdeckung der beiden Cyanid-Verbindungen läßt auf eine Entstehung des Kometen Kohoutek weit außerhalb des Planetensystems schließen. Viele Astronomen glauben, daß Milliarden von Kometen möglicherweise in einer Entfernung von 20 Billionen Kilometern vom Sonnensystem ihre Bahnen ziehen.

Aus: New Yorker Staatszeitung, 31. 1. 75

Preisgünstige astronomische Geräte, Bücher und Hilfsmittel sucht Uwe Bergmann, 207 Röbel (Mfritz), Dr.-Otto-Nuschke-Straße 21.

Verkaufe Astrokamera 116/420 für 200,— M. Jörg Mosch, 825 Meßen, Gartenstraße 16.

Pioneer 11 jetzt auf einer Flugbahn zum Saturn

Die Planetensonde PIONEER 11 (1973-19A) hat am 3. Dezember 1974 gegen 05.22 Uhr WZ den Jupiter passiert; der geringste Abstand betrug 41 600 km. Während des Vorbeifluges war die Sonde einer extrem hohen Strahlungsbelastung ausgesetzt. Während des dichtesten Vorbeifluges riß die Funkverbindung für rund eine Stunde ab, da die Sonde durch die Scheibe des Jupiter bedeckt war; danach konnten wieder Signale empfangen werden. Damit war zumindest sicher, daß die funktechnische Apparatur und die Energieversorgung sowie die elektronischen Systeme der Lageorientierung und Lagerregelung durch die starke Strahlungsbelastung keinen Schaden erlitten haben. Es liegen nur erste vorläufige Meßergebnisse vor. Danach war die Elektronendichte bei der Passage am Jupiter um die Hälfte geringer, als nach den Meßergebnissen von PIONEER 10 (1972-12A) vorausgerechnet worden war. Wie erwartet, war dagegen die Dichte der Protonen des inneren Jupiter-Strahlungsgürtels wesentlich größer als die, die auf PIONEER 10 eingewirkt hat, da dieser den Riesenplaneten ja in einem bedeutend größeren Abstand passiert hatte. Durch eine Bahnkorrektur war schon während des Anfluges an den Jupiter vor längerer Zeit dafür gesorgt worden, daß PIONEER 11 den Planeten mit einer Geschwindigkeit von 171 000 km/h passiert. Nach dem Vorbeiflug am Jupiter befindet sich der Raumflugkörper jetzt auf einer Flugbahn zum Saturn, die sozusagen „über“ das Planetensystem mit einem maximalen Abstand von 160 Millionen km oberhalb der Ekliptik führt. Aller Voraussicht nach wird die Sonde den Saturn im September 1979 passieren und möglicherweise dabei zwischen dem Planeten und seinem Ring hindurch fliegen.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 2/75.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Projekt Arab Communication Satellite

Neue Geschäftschancen erhoffen sich Frankreich und die BRD bei der Entwicklung von Nachrichtensatelliten für die arabischen Staaten und Afrika.

Vom BRD-Konzern Messerschmitt-Bölkow-Blom wurde den arabischen Staaten ein geostationärer Satellit für Nachrichten-, Funk- und Fernsehübermittlung vorgeschlagen, den MBB in Gemeinschaftsarbeit mit französischen Experten bis Ende 1978/Anfang 1979 entwickelt haben und zum Einsatz bringen könnte. Der Satellit soll ARCOMSAT heißen, die Abkürzung von Arab Communication Satellite. Man hofft, den Satelliten mit einer amerikanischen Delta-Rakete starten zu können. Er soll über dem Äquator in einer Synchronbahn südlich der Elfenbeinküste stationiert werden. Damit könnten die arabischen Staaten von der Westküste Afrikas einschließlich Mauretaniens bis zu den Ölscheichtürmen von diesem Satelliten „bedient“ werden. Das Projekt sieht ein Kontrollzentrum vor, das außer den Übermittlungseinrichtungen auch Anlagen zur Steuerung des Satelliten besitzt. Die beteiligten Staaten sollen über 19 Haupt- und 15 Verbindungsstationen mit einer 10-Meter- bzw. 3-Meter-Antenne verfügen. Bis zu 20 Radioprogramme und 2 Fernsehprogramme sollen „Bildungssemdungen“ ausstrahlen, die damit einen großen Teil der Bevölkerung der angeschlossenen Länder erreichen. Auch zwei Farbfernsehprogramme sollen zwischen den Hauptbodenstationen ausgetauscht werden können. Zum anderen würden 3000 bis 4000 Telefonkanäle zur Verfügung stehen. Der genannte BRD-Konzern meint, daß damit der Kommunikationsbedarf der Staaten der arabischen Liga etwa bis zum Jahre 1985 abgedeckt werden könnte.

Auf gut Deutsch: Besonders die BRD erhofft sich mit Hilfe der Raumfahrttechnik eine Verstärkung des politischen Einflusses auf die arabischen Staaten.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 2/75.

Unsere Autoren:

Karl-Heinz Neumann (siehe Impressum)
Dipl.-Astr. Jürgen Reiche, 69 Jena, Schillergäßchen 2
Prof. Dr. Gerhard Reintanz, 402 Halle/Saale, Universität
Werner Häner, 69 Jena, Schleidenstraße 13
Willi Hanke, 806 Dresden, Rudolf-Leonhard-Straße 52
Hartmut Bretschneider, Schneeberg/Erzgeb., Pionier- und Volksserienwarte
Uwe Bergmann, 207 Röbel (Mürit), Dr. Otto-Nuschke-Straße 21
Edgar Otto, M. Müller, Volks- und Schulserienwarte „Juri Gagarin“, 728 Eilenburg
Karl-Heinz Müller, 9362 Drebach, Hauptstraße 85
Miklós Vlahos, 50 Erfurt, Schwerborner Straße 3

Berichtigung

zu Heft 1/75, III. Umschlagseite oben: In Tafel I muß es richtig heißen „Planet geht nach Sonne unter“.

zu Heft 2/75: Diagramm 1, S. 51, ist auszuwechseln mit Abb. 3, S. 50.

Die zweite Zeile der Perseiden-Cygniden-Tabelle S. 53 muß lauten:

5° 10' 15' > 15° 5° 10' 15' > 15°

4¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Das galaktische Zentrum · Dr. Ludwig Kühn	97
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond III · Dr. E. Hantzschke	107
Zwei Vorhaben des ZFA Astronomie für Herbst 1975	114

Bildseiten

Abb. zu „Jupiter 1974“, „Barnards Stern“ sowie Fotos von Merkur, Mond, Bahnspur Eros . . I–IV	
30 Jahre Kulturbund · Edgar Otto sen.	115

Amateure beobachten und berichten

Der GROSSE ROTE FLECK auf Jupiter 1974 · Heinz Albert	116
Jupiter 1974 · C. P. Renschen, St. Ziemer	118
Amateurbeobachtungen von Barnards Stern · Dietmar Kitta	121
Beobachtung des Perseidenstromes 1974 · Hartmut Urbanski	122

Kurzbericht

Fertigungsprogramm für Schul- und Amateurgeräte 1976/77	123
Das Test- und Experimentalprogramm des Applikationssatelliten ATS-6 · H. D. Naumann	124

Aus der Literatur

Raketentrümmer stürzten in den Nordatlantik — Zwei Polsequenzen zur Bestimmung der Grenzgröße und des Auflösungsvermögens von Fernrohren	127
Mittelalterliches arabisches Manuskript „Buch der Bewegung der Planeten“ entdeckt	128
Satelliten für direkte Fernsehübertragung — Kohlenmonoxid in anderen Galaxien — Das Magnetfeld von Jupiter — Sonnenflecken und Landwirtschaft	3. Umschlagseite
Merkurmagnetfeld ein historisches Relikt? — Neues vom Olympus Mond	4. Umschlagseite
Unsere Autoren	4. Umschlagseite

Redaktionschluß: 16. 5. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachauschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium, OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17; Bernd Zill, Pionier- und Volksternwarte, 9412 Schnееberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionsitz: 104 Berlin, Heesche Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

Satz und Druck: IV/10/6 Druckhaus Freiheit Halle.

Schon bei flüchtiger Betrachtung der meisten spiralförmigen Galaxien ist es möglich, ein Zentralgebiet einer Galaxis von der Scheibe oder der Spiralstruktur zu unterscheiden. Diese Zentralgebiete der Sternsysteme haben in jüngster Vergangenheit in verstärktem Maße das Interesse vieler Astronomen auf sich gezogen, da in ihnen offenbar Prozesse stattfinden, die als „Aktivitäten“ in Galaxien beobachtbar sind. Dazu gehören die optische Veränderlichkeit sowie die Radioausbrüche bei den sogenannten Seyfert-Galaxien, aber auch echte Materieauswürfe wie z. B. der „jet“ in der Galaxis M 82. Bei vielen Galaxien ist außerdem auf dem Hintergrund der Sterne des Zentralgebiets ein „sternähnliches Objekt“ zu sehen, das eine große Flächenhelligkeit und einen deutlichen Helligkeitsabfall nach außen erkennen läßt. Man bezeichnet dieses Objekt als den eigentlichen Kern der Galaxis.

Der sowjetische Astrophysiker W. A. Ambarzumjan stellte im Hinblick auf diese Kerne 1958 die Hypothese auf, daß die Aktivität dieser Kerne ein grundlegender Faktor für die Galaxienentwicklung ist — der Kern maßgeblich an der Ausbildung der Spiralstruktur beteiligt und auch für den Auswurf von kompakten Objekten verantwortlich sei.

Natürlich ist bekannt, daß nicht in allen Galaxien ein solcher Kern beobachtet wird und nicht alle Galaxien Aktivitäten zeigen. Solche ruhigen oder „normalen“ Galaxien sind z. B. der Andromeda-Nebel oder das Milchstraßensystem. Um aber den Einfluß des Kerns auf die Entwicklung der Galaxis kennenzulernen, ist es von nicht zu unterschätzender Bedeutung, Kern und Zentralgebiet der Galaxis in „ruhigen“ Phasen, also in „normalen“ Galaxien zu studieren. Es liegt daher nahe, das Zentralgebiet unserer Galaxis als Prototyp eines galaktischen Zentrums in einer ruhigen Phase etwas genauer zu betrachten, ganz abgesehen davon, daß die Struktur unseres eigenen Sternsystems als solche interessant und wissenschaftlich ist.

Das galaktische Zentrum ist von der Sonne etwa 10 kpc entfernt und liegt in der Richtung des Sternbilds Sagittarius. Schon lange ist uns in diesem Sternbild die starke Radioquelle Sagittarius A (Sgr A) bekannt und gerade in den letzten Jahren wurden in diesem und einigen eng benachbarten Gebieten eine ganze Reihe von Molekülen entdeckt, die sich durch ihre Radiostrahlung bemerkbar machen.

Die Beobachtung des galaktischen Zentrums im optischen Bereich ist dagegen unmöglich. Die zwischen den Sternen befindlichen feinen Staupartikel der interstellaren Materie absorbieren das Sternlicht, so daß vom Zentrum nahezu kein sichtbares Licht zu uns dringen kann. Insgesamt beträgt diese interstellare Absorption im visuellen Farbbereich etwa 27 Größenklassen. Irgendwelche Kenntnisse über das galaktische Zentrum müssen wir daher den Beobachtungen im Radiobereich und im infraroten Licht entnehmen.

Es gibt noch eine weitere Möglichkeit — eine indirekte Methode — etwas über das galaktische Zentrum zu erfahren. Aus vielfältigen Untersuchungen wissen wir, daß die Sternsysteme Andromeda-Nebel (M 31) und M 51 dem Milchstraßensystem sehr ähnlich sind. Findet man nun in Andromeda-Nebel oder M 51 eine Korrelation von zwei meßbaren Parametern, so kann auf Grund der allgemeinen Ähnlichkeit mit unserem Sternsystem diese Korrelation übertragen werden. Man mißt dann einen dieser Parameter in unserem System und kann bei Benutzung des gefundenen funktionalen Zusammenhangs auf die zweite, in unserem System nicht meßbare Größe schließen.

Die Radiostrahlung des galaktischen Zentrums

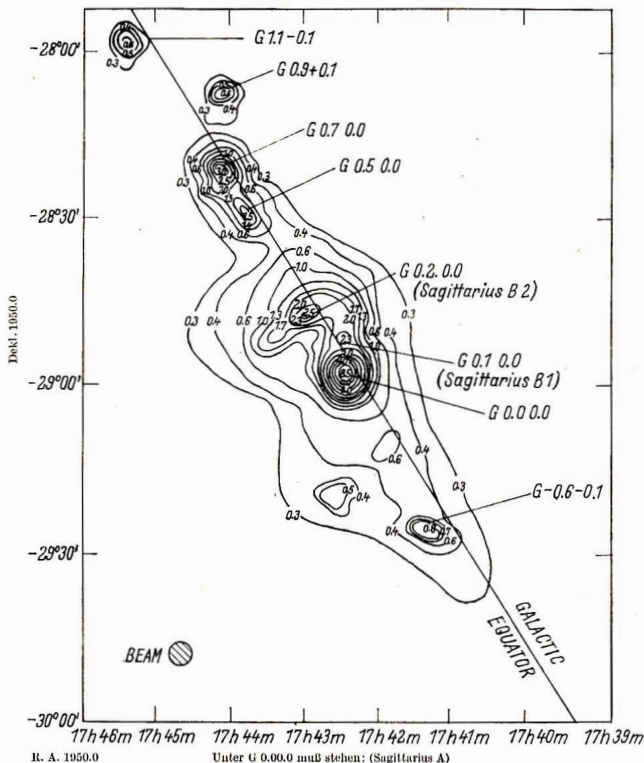
1. Kontinuierliche Radiostrahlung

So wie wir in einem optischen Spektrum zwischen dem Kontinuum oder kontinuierlichem Spektrum und dem Emissions- oder Absorptionslinienspektrum unterscheiden können, stellen wir auch im Radiobereich des elektromagnetischen Spektrums kontinuierliche Radiostrahlung und Radiolinien fest. Die ersten radioastronomischen Beobachtungen bezogen sich auf das Kontinuum. Dabei zeigten Piddington und Minnett 1951, daß aus dem Bereich des galaktischen Zentrums eine besonders starke Strahlung kommt. Trägt man die Linien gleicher Intensität der Radiostrahlung in ein Koordinatensystem ein, so erhält man das Bild der Abb. 3 (diese Messungen wurden von Downes und Maxwell bei einer Wellenlänge von 3,6 cm oder 8,3 GHz im Jahre 1966 gemacht bzw. von Broten u. a. bei der Wellenlänge 6,0 cm oder 5,0 GHz). Deutlich ist die starke Radioquelle Sgr A durch den Anstieg der Intensität (= eng benachbarte Linien gleicher Strahlungsintensität) zu erkennen. Die Radioquelle Sgr A befindet sich in unmittelbarer Nähe des Milchstraßenzentrums und ihr Durchmesser be-

trägt etwa 10 pc. Bei anderen Wellenlängen erhält man ein ganz ähnliches Bild des galaktischen Zentrums, wobei allerdings bei Wellenlängen größer als 10 cm die Genauigkeit nachläßt, da dann das Auflösungsvermögen der Antennenanlagen nicht mehr so groß ist. Die Messungen der Radiostrahlung des galaktischen Zentrums bei verschiedenen Wellenlängen gestatten es, die Intensität als eine Funktion der Wellenlänge darzustellen. Aus diesem Zusammenhang ergibt sich bereits eine interessante Aussage.

In einem Gas, das aus Wasserstoffatomen, Protonen und Elektronen besteht und eine bestimmte Temperatur besitzt, werden infolge der Temperaturbewegung der Teilchen Elektronen in den Wirkungsbereich der elektrischen Felder der Protonen gelangen und umgekehrt. Dabei kommt es zur Ausstrahlung elektromagnetischer Wellen (Coulomb-Bremsstrahlung), deren Intensität und Wellenlänge unter den Bedingungen des interstellaren Raums von einer Temperatur T_B und der Teilchendichte abhängt.

Abb. 3b: Das gleiche Gebiet wie in Abb. 3a bei $8.0 \text{ GHz} = 3.6 \text{ cm}$ aufgezeichnet. Die Daten wurden von Downes, Maxwell und Haystack mit dem 37-m-Radioteleskop in Cambridge/USA gewonnen.

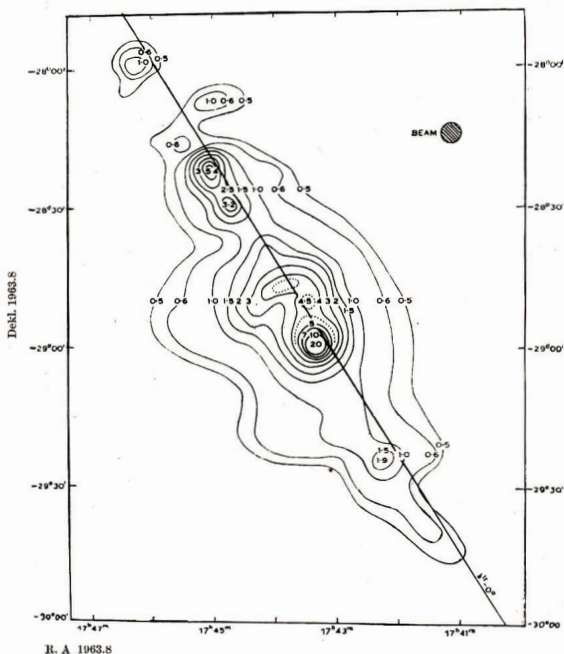


Nach dem Rayleigh-Jeans-Gesetz ist die Strahlungsflußdichte eine Funktion der Temperatur und der Wellenlänge, so daß man also aus der Messung der Strahlungsflußdichte einer Radioquelle bei einer bestimmten Wellenlänge die Temperatur bestimmen kann.

Es zeigt sich jedoch, daß das interstellare Gas infolge der niedrigen Materiedichte für die Strahlung durchsichtig ist und diese Temperatur nicht gleich der kinetischen Temperatur T_e des Elektronengases ist. Man empfängt also eine Radiostrahlung, die der eines Schwarzen Körpers der Temperatur T_B entspricht. Diese Strahlung entsteht jedoch durch die Wechselwirkung der Elektronen mit den Protonen, wobei die Elektronen die kinetische Temperatur T_e haben. Man bezeichnet diese Strahlung als thermische Radiostrahlung; sie besitzt ein charakteristisches Spektrum, dessen Verlauf durch die Beziehung $T_B \sim \lambda^\alpha$ ($\alpha = 2.1$) bestimmt ist (Abb. 1).

Bei Sgr A und auch anderen Radioquellen ergab sich jedoch ein ganz anderer Verlauf des Radiospektrums, wie Abb. 2 erkennen läßt. Aus der Verschiedenheit dieser Kurven mußte man auf einen anderen Strahlungsmechanismus schließen. In der Tat gibt es einen solchen. Nach einem allgemeinen Gesetz der Elektrodynamik strahlt jede sich beschleunigt (oder verzögert) bewegte elektrische Ladung eine elektromagnetische Welle aus. Bei der thermischen Radiostrahlung wird diese Beschleunigung oder Verzögerung durch die elektrische Anziehung zwischen Protonen und Elektronen hervorgerufen. Ein elektrisch geladenes Teilchen wird aber auch dann beschleunigt, wenn es in ein Magnetfeld „eingeschossen“ wird. In diesem Magnetfeld „schraubt“ sich das Elektron die (gedachten)

Abb. 3a: Isophotenkarte der Radioquelle Sgr A bei 5.0 GHz = 6 cm dargestellt, wie sie von Broten u. a. mit dem 64-m-Radioteleskop bei Park Australien aufgenommen wurde.



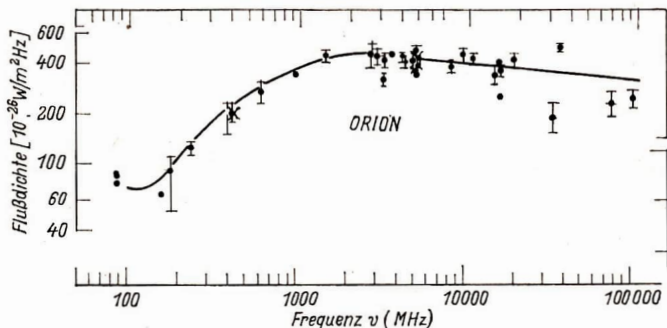
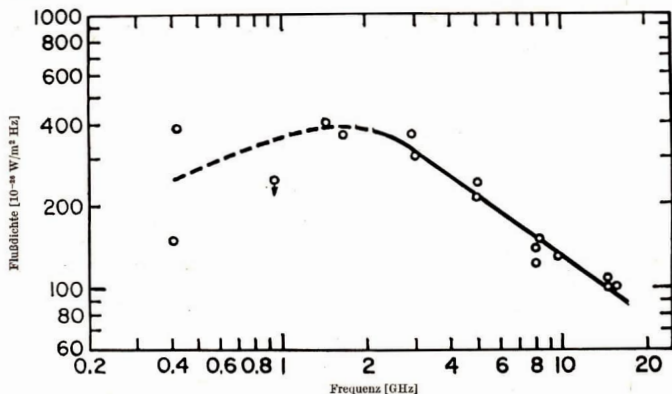


Abb. 1: Radiospektrum der thermischen Strahlung des Orionnebels.

Feldlinien des Magnetfeldes entlang und strahlt dabei elektromagnetische Energie ab. Die in Sgr A beobachtete nichtthermische oder Synchrotronstrahlung ist also ein Indiz dafür, daß sich dort elektrisch geladene Teilchen, in erster Linie Elektronen, mit hoher Geschwindigkeit in einem Magnetfeld bewegen. Die Gesamtenergie in diesem Gebiet setzt sich aus der magnetischen Energie und der kinetischen Energie der Teilchen zusammen und liegt zwischen $3 \cdot 10^{44}$ und $3 \cdot 10^{50}$ erg; die Stärke des Magnetfeldes beträgt $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ Gauß (Vergleich Erdfeld 0.5 Gauß).

Bei der Betrachtung des Spektrums von Sgr A fällt vor allem der Knick bei etwa 2 GHz auf. Obwohl unterhalb von 2 GHz die Beobachtungen nicht so sehr sicher sind, kann man annehmen, daß die Veränderung des Spektralindex real ist. Eine solche Veränderung würde man erwarten, wenn die Strahlung von Sgr A durch eine thermische Wolke hindurchgeht bevor sie zu uns gelangt oder aber, wenn ein Teil von Sgr A aus einem thermischen Gebiet besteht. In diesem Zusammenhang sind neuere interferometrische Beobachtungen des galaktischen Zentrums bei 5 GHz interessant, die eine Fein-

Abb. 2: Das Radiospektrum der Quelle Sagittarius A. Diese Radioquelle befindet sich im Zentrum der Galaxis.



struktur der Quelle Sgr A enthüllen, wobei die gefundene kleine Komponente kompakte H II-Gebiete (also thermische Quellen) sein können.

Neben der starken nichtthermischen Radioquelle Sgr A wurden im galaktischen Zentrum noch weitere sieben thermische Radioquellen gefunden. Sie alle sind in eine ausgedehnte Radioquelle thermischen Charakters eingebettet. Messungen bei verschiedenen Wellenlängen erlaubten es, für diese Quellen die Spektralindizes abzuleiten und daraus einige physikalische Parameter zu bestimmen. Danach handelt es sich bei den kleinen diskreten thermischen Radioquellen um H II Gebiete mit einem Durchmesser von 10 bis 20 pc und der Dichte von etwa 100 Teilchen pro cm^3 , sowie einer kinetischen Temperatur von 10000 K, die sich in der Nähe des galaktischen Zentrums befinden.

Die ausgedehnte thermische Quelle besteht ebenfalls aus ionisiertem Wasserstoff mit einer Elektronentemperatur von 10000 K. Insgesamt beträgt die Masse der sieben thermischen Radioquellen 10^6 Sonnenmassen. Der holländische Astronom Rougoor hat auch die Masse der ausgedehnten Quelle abgeschätzt; sie umfaßt innerhalb von 750 pc vom galaktischen Zentrum $3 \cdot 10^6$ Sonnenmassen.

2. 21-cm-Linie des neutralen Wasserstoffs

Neben dem Radiokontinuum können verschiedene Radiolinien im Zentralgebiet der Milchstraße beobachtet werden. Die wichtigste und am leichtesten zu messende Linie ist die des neutralen Wasserstoffs bei der Wellenlänge 21 cm. In etwas vereinfachender Weise kann man sagen, daß in dem Wasserstoffatom ein Elektron den aus einem Proton bestehenden Kern umkreist. Sowohl Elektron als auch Proton besitzen jedoch noch einen Spin (Eigendrehimpuls) und die Spinrichtung der Teilchen kann parallel oder antiparallel sein. Beim „Umkappen“ der Spinrichtung von parallel zu antiparalleler Stellung wird die 21-cm-Linie ausgestrahlt. Die Beobachtung dieser Radiolinie gibt also Auskunft über die Anwesenheit von neutralem Wasserstoff und infolge der Dopplerverschiebung zeigt sie die großräumige Radialbewegung dieses Gases an.

Die Messungen der 21-cm-Linie in Richtung zum galaktischen Zentrum ergaben, daß bis in eine Entfernung von etwa 750 pc vom galaktischen Zentrum der Wasserstoff eine große Scheibe bildet, die im inneren Teil ungefähr 100 pc und außen 250 pc dick ist. Diese Scheibe rotiert an der äußeren Kante mit einer Geschwindigkeit von 230 km/s. Die mittlere Materiedichte der Scheibe liegt bei 0.3 Wasserstoffatomen pro cm^3 und insgesamt umfaßt sie $4 \cdot 10^6$ Sonnenmassen. In der Scheibe selbst gibt es jedoch einen Dichtegradienten, so daß in einer Entfernung von 10 pc vom galaktischen Zentrum die Dichte etwa 10000 Teilchen pro cm^3 beträgt.

Auch weiter außen wurden noch große Wasserstoffmengen beobachtet, die besonders durch ihre Radialgeschwindigkeit auffallen. Wolken mit der Radialgeschwindigkeit -53 km/s und 135 km/s hat man beobachtet und sie als „Materieausfluß“ gedeutet, da die Bewegung als Expansionsbewegung erklärt werden kann. Die 53-km/s -Wolke umfaßt etwa $2 \cdot 10^6$ Sonnenmassen und liegt von uns aus gesehen 3 kpc vor dem Zentrum in der Milchstraßenebene und das 135-km/s -Objekt (auch Objekt I oder expandierender Arm genannt) hinter dem Zentrum. Der 3-kpc-Arm kann über einen großen Längsbereich verfolgt werden, der von $l = 336^\circ$ bis $l = 4^\circ$ reicht. Bei 348° und 342° ist er jedoch ziemlich komplex, so daß nicht völlig klar wird, ob er ein zusammenhängendes Gebilde ist.

Oort und van der Kruit, zwei holländische Astronomen, die sich sehr intensiv mit dem Wasserstoffgas des galaktischen Zentralbereichs beschäftigen, haben eine interessante Deutung der beiden großen „Wasserstoffmerkmale“ gegeben. Nehmen wir an, vom galaktischen Kerngebiet werde in Zeiten der Aktivität wiederholt Wasserstoff in Form von Wolken schräg zur galaktischen Ebene herausgeschleudert. Unter dem Einfluß der Anziehungskraft der Masse der Milchstraßenebene werden diese Wolken dann eine parabelähnliche Bahn beschreiben, genauso wie ein auf der Erde geworfener Stein (Abb. 5). Sobald die Wolken wieder in die galaktische Ebene eintauchen, wird durch Stöße mit anderen Wolken die zur Ebene senkrechte Geschwindigkeitskomponente vernichtet (es erfolgt eine Dämpfung in der Ebene und außerdem fallen von „oben“ und „unten“ Wolken ein), während der radial nach außen gerichtete Impuls auf das gesamte Wasserstoffgas übertragen wird. So bildet sich ein expandierender Wasserstoffring, dessen Vorder- und Hinterteil wir als 3-kpc-Arm bzw. Objekt I beobachten. Daß dies nicht nur Spekulationen sind, beweist die Beobachtung von Wasserstoffwolken großer Geschwindigkeit in hohen galaktischen Breiten.

Das Objekt VIII (Abb. 9) ist z. B. eine derartige Wolke von $4 \cdot 10^6$ Sonnenmassen und einer Dichte von 10^3 bis 10^4 Wasserstoffatomen pro cm^3 . Nach dieser Vorstellung ist der 3-kpc-Arm durch Wasserstoffwolken entstanden, die vor etwa 12 bis $13 \cdot 10^6$ Jahren aus dem Zentrum ausgeschleudert wurden. Außerdem gibt es Hinweise, daß es bei 2.4 kpc Entfernung vom galaktischen Zentrum einen mit 170 km/s rotierenden und mit 135 km/s expandierenden Wasserstoffring gibt, der ebenfalls durch solche wiederholten explosiven Materieausschleudungen aus dem Zentrum entstanden sein könnte (Objekt XII), (Abb. 9).

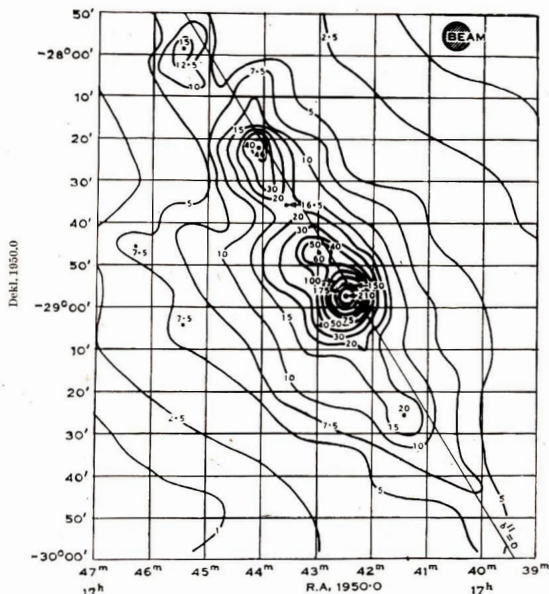


Abb. 4: Linienprofile der Absorptionslinie des OH im Gebiet von Sgr A. Die Radialgeschwindigkeiten ergeben sich aus der Formel für den Doppler-Effekt.

3. Moleküllinien

Die Steigerung der Empfindlichkeit der radioastronomischen Empfänger hat in den letzten Jahren die Entdeckung vieler neuer Radiolinien gebracht, so daß man jetzt schon von einer Spektralanalyse im Radiobereich sprechen kann. Es sind vor allem Moleküle, die ihre Existenz durch die Radiolinien verraten. Durch Stöße untereinander und vor allem mit den reichlich vorhandenen Wasserstoffatomen werden diese Moleküle in Drehung versetzt, wobei sie jedoch nur ganz bestimmte Energiezustände annehmen können. Beim Übergang von einem oberen zu einem unteren derartigen Rotationszustand wird eine elektromagnetische Welle im Radiobereich ausgestrahlt. Besonders die Radioquelle Sgr B, aber auch Sgr A (beide Quellen liegen etwa 120 pc auseinander) sind „Fundorte“ für interstellare Moleküle, von denen inzwischen mehr als 20 nachgewiesen wurden (Abb. 8). Eines der häufigsten Moleküle ist das besonders stabile Kohlenmonoxid CO, aber auch das Hydroxylmolekül OH und Formaldehyd H_2CO sind stark vertreten.

Die Untersuchungen zeigten, daß im Zentrum nicht eine einzelne große Wolke mit zahlreichen Molekülen vorhanden ist, sondern ein ganzes Ensemble von Molekülwolken (so wurden allein durch Beobachtung der Linien des H_2CO vier größere Wolken festgestellt). Die Registrierung der CO-Linie zeigte besonders, daß im galaktischen Zentralbereich massereiche Wolken (in ein dünneres Gas eingebettet) konzentriert sind. Auf diese Weise sind auch die beiden Radioquellen Sgr A und Sgr B 2 durch eine CO-Brücke miteinander verbunden. Außerdem muß man aus der Gleichung der aus den CO-Messungen gewonnenen Temperatur und der aus Infrarotmessungen bestimmten den Schluß ziehen, daß im galaktischen Zentrum Gas und Staub gleiche Temperatur besitzen und der Staub nahezu alle Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich verschluckt.

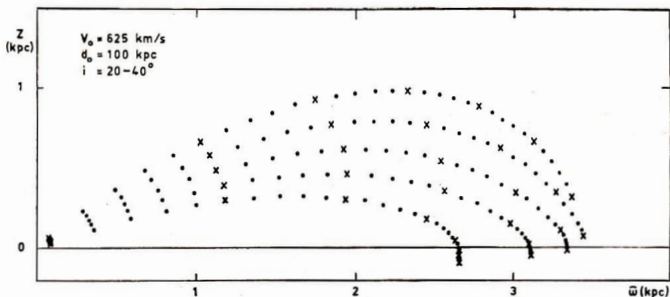


Abb. 5: Berechnete Bahnen der vom Zentrum ausgeworfenen Gaswolken. Die Auswurfgeschwindigkeit wurde zu 625 km/s und die Neigungswinkel zwischen 20° und 40° angenommen. Die Zeit zwischen zwei Punkten beträgt etwa $5 \cdot 10^5$ Jahre.

Die Untersuchung des Absorptionsspektrums des OH vor der Quelle kontinuierlicher Radiostrahlung Sgr A ergab, daß die zwei stärksten Linien Radialgeschwindigkeiten von $+40$ km/s und -120 km/s anzeigen. Aus der größeren Intensität der Linie bei $+40$ km/s ergibt sich eine Bewegung eines erheblichen Teils des Gases zum Zentrum hin. Wahrscheinlich sind die OH-Moleküle in den äußeren Teilen der Kernscheibe lokalisiert, da diese Merkmale über einige Längengrade hinweg beobachtet werden können und eine niedrigere Rotationsgeschwindigkeit zeigen. In einer etwas größeren Zentrumsregion sind die OH-Moleküle ähnlich verteilt wie die H_2CO -Moleküle.

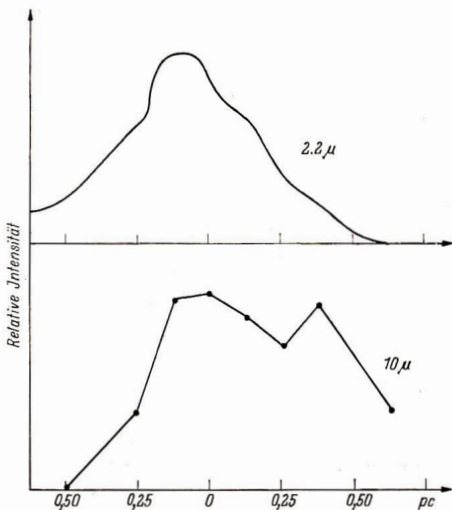


Abb 7:
Intensitätsverteilung der Infrarotstrahlung im galaktischen Zentrum in Abhängigkeit vom Abstand vom gal. Zentrum bei den Wellenlängen $2.2 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$.

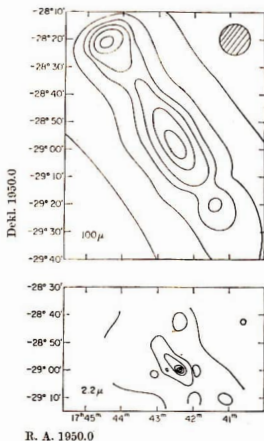


Abb. 6, oben:
Isophotekarte der galaktischen Zentral-
region bei $2.2 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$.

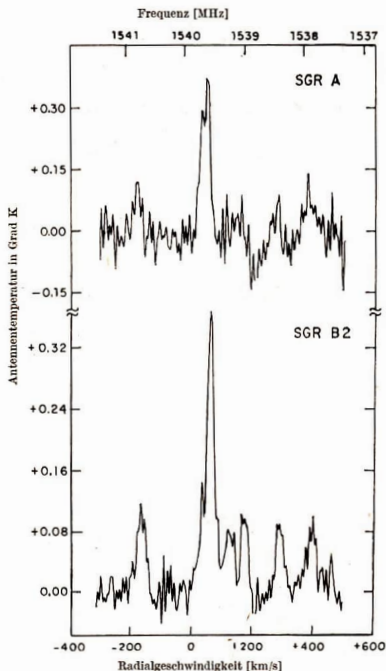


Abb. 8, rechts:
Radiolinie des Moleküls Formamid
(NH_2CHO) in den Radioquellen Sgr A
und Sgr B2.

Im Gegensatz dazu fallen die 21-cm-Merkmale des neutralen Wasserstoffs im galaktischen Zentrum nicht oder wesentlich schlechter mit denen des OH und H_2CO zusammen. Wahrscheinlich kommt der Wasserstoff dort vor allem in Form der H_2 -Moleküle vor. Die Moleküle bilden relativ dichte, getrennte Wolken, deren Masse zwischen 10^5 und 10^6 Sonnenmassen liegt.

Infrarot-Beobachtungen

Neben den radioastronomischen Beobachtungen des Zentralgebiets der Milchstraße sind in jüngerer Zeit auch Beobachtungen im infraroten Spektralbereich bedeutsam geworden. Da der interstellare Staub das kurzwellige Licht viel stärker absorbiert als das langwellige, wird ein erheblicher Teil der Infrarotstrahlung aus dem galaktischen Zentrum zu uns hindurchgelassen. Ihre Untersuchung ergab, daß man drei Infrarotquellen im galaktischen Zentrum unterscheiden kann.

1. Aus einem Gebiet von etwas über ein 1° Durchmesser ($\approx 175 \text{ pc}$) empfängt man Strahlung der Wellenlänge $1 - 5 \mu\text{m}$. Diese Quelle fällt mit der bekannten Radioquelle Sgr A zusammen und ist nicht weiter als 4 Bogenminuten ($\approx 12 \text{ pc}$) vom dynamischen Zentrum der Galaxis entfernt. Wahrscheinlich entsteht ein Teil dieser Infrarotstrahlung durch die Wechselwirkung des Sternlichts mit dem interstellaren Staub. Die Staubeilchen absorbieren das sichtbare Licht und strahlen die dabei aufgenommene Energie im Infraroten wieder ab. Andererseits werden auch die Sterne im Zentralbereich der Galaxis einen gewissen Bruchteil ihrer Energie im infraroten Spektralbereich ausstrahlen.

Im Kerngebiet des Andromeda-Nebels konnte man auch die Infrarotstrahlung im Bereich von $1-3.5 \mu\text{m}$ messen; dabei stellte man fest, daß die Infrarotstrahlung in diesem Bereich nahezu proportional der Sterndichte ist und ziemlich gut mit der entsprechenden Infrarotstrahlung unserer Galaxis übereinstimmt. Daraus konnte man nun wieder auf die Sterndichte im Zentralbereich der Milchstraße schließen und fand dort eine etwa 10 millionenmal größere Sterndichte (innerhalb von 1 pc) als in der Sonnenumgebung.

2. Im Spektralgebiet von $3-20 \mu\text{m}$ wurde eine Infrarotquelle mit einem Durchmesser von nur 15 Bogensekunden ($\approx 0.7 \text{ pc}$) gefunden. Insgesamt wird in diesem Spektralbereich eine Energie abgestrahlt, die der von 10^6 Sonnen entspricht. Über den Ursprung dieser Strahlung weiß man sehr wenig. Es können nichtthermische Prozesse, also etwa Synchrotronstrahlung, aber auch die Reemission der Sternstrahlung durch eine Staubkonzentration dafür in Frage kommen.

3. Die Strahlungsverteilung im längerwelligen Infrarotlicht erinnert an die Verteilung der Radiostrahlung bei 11 cm Wellenlänge. Die stärkste Quelle befindet sich im dynamischen Zentrum der Galaxis, während eine schwächere mit dem H II-Gebiet der Radioquelle Sgr B zusammenfällt. Auch diese langwellige Infrarotstrahlung wird auf die Existenz von Staubteilchen zurückgeführt, wobei sich eine Gesamtmasse des Staubs von $4 \cdot 10^6$ Sonnenmassen ergab. Da die Menge des neutralen Wasserstoffs aus der Intensität der 21-cm-Linie ebenfalls bekannt ist, kann das Verhältnis Staubdichte zu Wasserstoffdichte bestimmt werden. Es beträgt 0.1 und ist damit etwa 10 mal größer als der entsprechende Wert in der Milchstraßenebene, was ein weiterer Hinweis dafür ist, daß ein bedeutender Bruchteil des Wasserstoffs im galaktischen Zentrum in molekularer Form (H_2) vorliegt. Dadurch wird ein Wasserstoffdefizit vorgetäuscht und das Staub-zu-H I-Verhältnis erhöht (Abb. 6).

Sterne im galaktischen Zentrum

Bei der Deutung der Infrarotstrahlung des galaktischen Zentrums wurde schon auf die große Sterndichte hingewiesen. Nach den Untersuchungen von Oort ergibt sich die folgende Sterndichte $\varrho(R)$ in Abhängigkeit von der Entfernung R vom galaktischen Zentrum.

R/pc	$\varrho(R)/\mathfrak{M}_{\odot} \text{ pc}^{-3}$	$\mathfrak{M}(R)/\mathfrak{M}_{\odot}$
0.1	$2.6 \cdot 10^7$	$0.3 \cdot 10^6$
1.0	$4.2 \cdot 10^5$	$4.4 \cdot 10^6$
10	$6.6 \cdot 10^3$	$70 \cdot 10^6$
20	$1.9 \cdot 10^3$	$160 \cdot 10^6$

Diese Angaben beruhen auf der Annahme, daß der Strahlungsfluß bei der Wellenlänge $2.2 \mu\text{m}$ proportional der Sterndichte ist, so wie es z. B. im Zentralgebiet des Andromeda-Nebels der Fall ist. Die Sterndichte in diesem Zentralgebiet wurde dabei aus der visuellen Flächenhelligkeit im Vergleich mit der Sonne und dem Kern des Kugelhaufens M 3, dem Virialsatz und der Leuchtkraftfunktion abgeleitet. Für das Zentralgebiet von einigen Parsec Durchmesser fand man die Dichte von $2 \cdot 10^5$ Sternen pro pc^3 ; zum Zentrum hin ist allerdings ein beträchtlicher Dichteanstieg zu erwarten, wie ihn auch die obige Tabelle wiedergibt.

Bei sehr hohen Sterndichten werden natürlich Wechselwirkungen auftreten, die einen Einfluß auf die Entwicklung des Sternsystems haben können. Zu diesen Wechselwirkungen gehören solche zwischen den Sternen, zwischen den Sternen und der interstellaren Materie und zwischen den einzelnen Wolken der interstellaren Materie.

Beispiele für die erste Kategorie sind gegenseitige Bahnstörungen und das Wachsen eines dichten Kerns durch Energieaustausch zwischen den Sternen bei nahen Begegnungen. Aber auch regelrechte Sternstöße werden in sehr dichten Kernen vorkommen können. Die wichtigsten Arten der Wechselwirkungen zwischen den Sternen und dem interstellaren Medium sind der Massenverlust infolge der Sternentwicklung, Drehimpulsaustausch und Gaserwärmung, sowie die Sternentstehung.

Obwohl nicht auszuschließen ist, daß in einem kleinen Kerngebiet des Milchstraßensystems genügend hohe Sterndichten erreicht werden, scheinen diese Prozesse für das galaktische Zentrum keine herausragende Rolle zu spielen. Die oben erwähnten Wechselwirkungen üben erst bei Sterndichten von 10^9 bis 10^{10} Sternen pro pc^3 einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung des Systems aus.

Struktur des galaktischen Zentrums

Aus den verschiedenen Beobachtungen ergibt sich nun die folgende Vorstellung vom Aufbau des galaktischen Zentrums, die jedoch noch viele Lücken aufweist und daher nur vorläufigen Charakter hat.

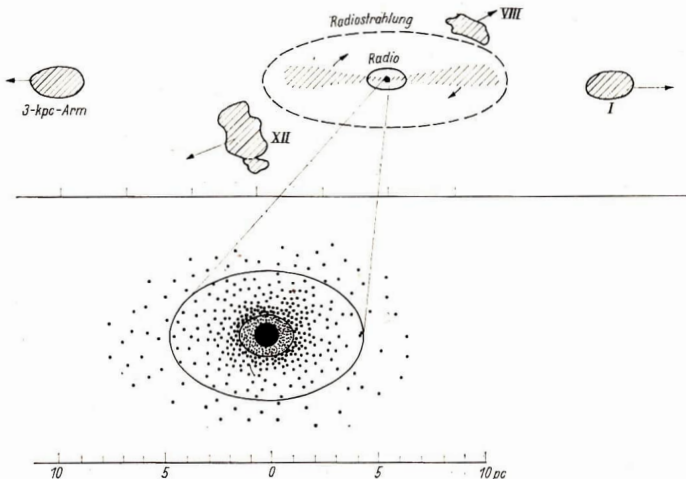


Abb. 9: Schematische Darstellung des galaktischen Zentrums (senkrechter Schnitt zur galaktischen Ebene). Das Kerngebiet ist noch einmal vergrößert darunter dargestellt worden.

Das eigentliche Kerngebiet hat einen Durchmesser von etwa 10 pc und ist durch eine relativ hohe Sterndichte ausgezeichnet. Diese beträgt im innersten Teil $3 \cdot 10^6 \text{ } \odot / \text{pc}^3$, wobei die Sterne eine mittlere Geschwindigkeit von 80 km/s besitzen. In etwa 10^4 Jahren findet in diesem Gebiet eine Kollision zwischen zwei Sternen statt. Nach außen hin nimmt die Sterndichte rasch ab. Die stellare Materie umfaßt etwa $2 \cdot 10^8$ Sonnenmassen. Dieses Kerngebiet ist weitgehend mit der Radioquelle Sgr A identisch und ist auch durch eine hohe Konzentration interstellarer Materie charakterisiert.

Die interstellare Materie im inneren Zentralgebiet kommt in der Form von H II-Gebieten (thermische Radioquellen) sowie Molekül- und Staubwolken hoher Dichte vor. Die Wolken interstellarer Materie mit hohen Dichten sind in ein gleichmäßiger verteiltes Gas geringerer Dichte eingebettet, das zumindest teilweise ionisiert ist (ausgedehnte thermische Radioquelle). Der im galaktischen Zentrum konzentrierte interstellare Staub ist für einen großen Teil der dort erzeugten Infrarotstrahlung verantwortlich. Auch außerhalb des eigentlichen Kerngebiets besteht eine relativ hohe Konzentration interstellarer Materie, die sich in der Infrarotstrahlung der Wellenlänge 1 bis $5 \text{ } \mu\text{m}$ und einer starken kontinuierlichen Radiostrahlung äußert. Das Kerngebiet ist in eine Scheibe neutralen Wasserstoffs von 1500 pc Durchmesser eingebettet; diese Scheibe ist innen 100 pc und außen 250 pc dick, enthält $4 \cdot 10^6$ Sonnenmassen und rotiert außen mit einer Geschwindigkeit von 230 km/s. In den noch weiter außen liegenden Gebieten am unmittelbaren Scheibenrand fällt die Rotationsgeschwindigkeit rasch von reichlich 200 km/s auf 50 km/s ab.

Obwohl das Milchstraßensystem ein „ruhiges“ Sternsystem ist, gibt es eine Reihe von Anzeichen für Aktivitäten im galaktischen Zentrum. Besonders Interesse haben in den letzten Jahren die Wolken neutralen Wasserstoffs mit hohen Radialgeschwindigkeiten in mittleren und hohen galaktischen Breiten gefunden. Diese Wolken sind offenbar infolge von Aktivitäten im Zentrum mit hohen Geschwindigkeiten ausgestoßen worden und fallen jetzt auf parabelähnlichen Bahnen zur galaktischen Ebene zurück. Es ist möglich, daß der 3-kpc-Arm und ein Wasserstoffring bei 2.4 kpc Entfernung vom Zentrum Relikte derartiger zurückgefallener interstellarer Wolken sind (Abb. 9).

Da das Zentrum des Andromeda-Nebels dem unseres Sternsystems sehr ähnlich ist und man dort einen „sternähnlichen“ Kern im Zentralgebiet entdeckt hat, ist es wahrscheinlich, daß auch in unserem System ein solcher Kern existiert. Dieser Kern könnte ein massereiches Objekt sein, das eine Quelle hoher nichtthermischer Leuchtkraft im Radio- und Infrarotbereich ist und zudem in explosi-

ver Form Gaswolken auswirft. Er wird mit der Radioquelle Sgr A in Verbindung stehen, deren Natur noch völlig unbekannt ist. Als derartige massive Objekte werden zur Zeit massereiche Pulsare, Black Holes oder rotierende Gasscheiben diskutiert.

Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond III

Dr. E. HANTZSCHE

Zum Abschluß des Berichts über die Untersuchung der Flugbahnen von der Erde zum Mond werden einige weitere Ergebnisse beschrieben, die praktisch wichtig sind.

Überblick

In den Teilen I und II dieses Berichts¹⁾ waren alle im Rahmen des verwendeten ebenen Wirkungssphärenmodells beschreibbaren Flugbahnen im Erde-Mond-Bereich vorgestellt worden, und zwar in Abhängigkeit von den „natürlichen“ Anfangsbedingungen für einen Mondflug: Der Anfangsgeschwindigkeit v_{11} aus der erdnahen Parkbahn und dem geozentrischen Startwinkel ψ_1 relativ zum Ort des Mondes. Vor allem mit Hilfe der graphischen Darstellungen kann man leicht ablesen, welche Werte für diese Anfangsbedingungen gewählt werden müssen, wenn man einen bestimmten Bahntyp erreichen möchte.

Wir wollen jetzt einige weitere Eigenschaften der berechneten Bahnen nachtragen, die von praktischer Bedeutung sind, und zwar hauptsächlich einiges zu den Flugzeiten, zum Energiebedarf und zu den Starttoleranzen.

Flugzeiten Erde – Mond

Die Flugzeit des Raumfahrzeuges setzt sich in unserem Modell (wenn wir uns auf den Hinflug beschränken: Analoges gilt für den Rückflug) aus zwei Anteilen zusammen:

1. Aus der Flugzeit in der geozentrischen Bahn vom Start aus der erdnahen Parkbahn bis zum Eintritt in die lunare Wirkungssphäre, und
2. aus der Flugzeit in der selenozentrischen Bahn vom Eintritt in die Wirkungssphäre des Mondes bis zum Periselenum bzw. bis zum Aufschlag auf die Mondoberfläche.

Wir wollen hier nicht die Abhängigkeit der Flugzeiten von beliebigen v_{11} - und ψ_1 -Werten untersuchen, sondern uns im wesentlichen auf solche Bahnen beschränken, die ein bestimmtes mondnahes Periselenum erreichen, für das wir $r_{22} \approx 1,86 \cdot 10^3$ km wählen, d. h. das Periselenum soll in 120 km Höhe über der Mondoberfläche liegen. Wir nehmen dabei an, daß der Raumflugkörper an dieser Stelle durch Zünden eines Triebwerks abgebremst wird und in eine mondnahe Parkbahn übergeht (dieses Verfahren wurde bei den meisten Mondmissionen der letzten Jahre angewandt), oder daß er in diesem Abstand am Mond vorbeifliegt. Die Kurven der zugehörigen Anfangswerte (v_{11} - ψ_1 -Diagramm, z. B. Abb. 2b,c in Teil I) verlaufen in geringem Abstand beiderseits vom Streifen der Mondauftreffbahnen Mt. Die Flugzeit T zwischen Perigäum und Periselenum unter diesen speziellen Bedingungen ist in Abb. 1a dargestellt, für den Bereich niedriger Startgeschwindigkeiten v_{11} vergrößert in Abb. 1b.

Man erkennt aus dieser Darstellung, daß die Flugzeit – was von vornherein zu erwarten war – mit wachsender Anfangsgeschwindigkeit stark abnimmt. Die maximale Flugzeit ergibt sich bei der minimalen Startgeschwindigkeit, mit der man die mondnahe Parkbahn überhaupt erreichen kann, und beträgt $T_{\max} \approx 118$ h. Dies gilt für die aufsteigenden Ea-Bahnen. Noch erheblich größer können natürlich die Flugzeiten bei Ed-Bahnen werden, bei denen der Mond erst nach Durchfliegen des Apogäums „auf dem Rückweg“ erreicht wird.

Der Anteil an der Gesamtflugzeit, während der die Sonde in der Wirkungssphäre des Mondes fliegt, schwankt zwischen 16% und 20,5%, wobei der untere Grenzwert für sehr kleine und für sehr große Startgeschwindigkeiten gilt.

¹⁾ Astronomie und Raumfahrt 1972, S. 117, 163; 1973, S. 107, 133

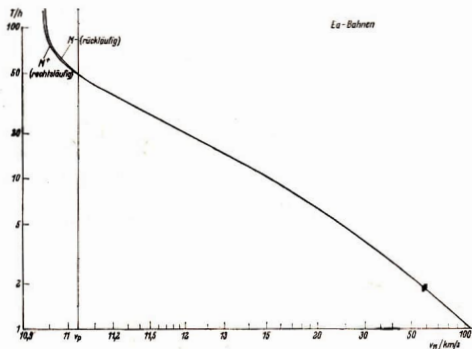


Abb. 1a:
Flugzeit T vom Erdbit
($h = 180$ km) zum Mond-
orbit ($h = 120$ km), Bahn-
typ Ea, als Funktion der
Startgeschwindigkeit v_{11} .

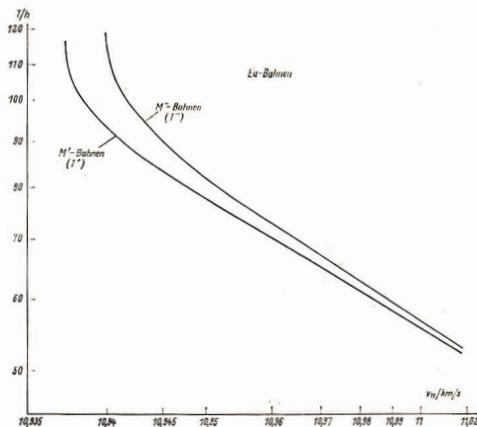


Abb. 1b:
Dasselbe für kleine Werte
von v_{11} .

Tabelle 1:

Flugzeiten und Geschwindigkeitsänderungen beim Flug aus einer erdnahen Parkbahn in 180 km Höhe in eine mondnahe Parkbahn in 120 km Höhe (E^+aM^+ bzw. E^+aM^-)

Startgeschw. v_{11} (geozentr.) km/s	Anfluggeschw. v_{22} (selenozentr.) km/s	Flugzeit in rechtl. Bahn T^+ h	Flugzeitdifferenz zw. rückl. u. rechtl. Bahn $T^- - T^+$		1. Geschw.- änderung Δv_0 km/s	2. Geschw.- änderung Δv_m km/s
			absolut	relativ		
10,04	2,42	92,9	20 ^a	21,4%	3,14	0,80
10,05	2,46	77,5	4,4 ^b	5,6%	3,15	0,84
10,07	2,56	65,0	1,8 ^b	2,8%	3,17	0,94
11	2,68	55,8	56 ^m	1,7%	3,20	1,06
11,3	3,72	31,3	7,6 ^m	0,40%	3,50	2,10
12	5,46	20,0	2,2 ^m	0,19%	4,20	3,84
15	10,65	10,2	27 ^a	0,075%	7,20	9,03
20	16,95	6,3	9 ^a	0,04%	12,20	15,33

Aus den Abbildungen ist weiter ersichtlich, daß T (bei demselben v_{11}) für das Erreichen der rechtläufigen Parkbahn um den Mond etwas kleiner ist als das T bis zum Einschwenken in eine rückläufige Bahn. In Tab. 1 sind einige Werte zusammengestellt. Für das Erreichen rückläufiger Mondparkbahnen braucht man, wie in Teil I gezeigt, größere Startwinkel ψ_1 , die ihrerseits mit größeren Eintrittswinkeln χ_2 in die lunare Wirkungssphäre gekoppelt sind. Größere ψ_1 führen also hier zu kürzeren T -Werten. Es zeigt sich nun, daß diese Abhängigkeit generell gilt, daß nämlich bei konstant gehaltenem v_{11} die Flugzeit bis zum Periselenum umso kürzer wird, je größer die Winkel ψ_1 und χ_2 sind, wie Abb. 2 an einem Beispiel zeigt. (Natürlich ist das Periselenum in diesem Fall nicht mehr konstant!). Die Unterschiede sind beträchtlich: Bei der Anfangsgeschwindigkeit $v_{11} = 11$ km/s (wie in Abb. 2) braucht eine Raumsonde auf einer Bahn, die die Wirkungssphäre des Mondes nur streift, fast 67 h, wenn die Bahn rückläufig um den Mond führt, dagegen nur knapp 49 h, falls die Bahn rechtläufig am Mond vorbeiführt.

Antriebsbedarf

Der Energiebedarf oder die erforderliche ideale Geschwindigkeit für einen Mondflug hängen selbstverständlich vom Ziel der Mission ab; man kann etwa folgende Sequenz von Ungleichungen für diese Größen aufstellen:

Landung auf dem Mond + Rückkehr zur Erde > Landung auf dem Mond > Umkreisen des Mondes + Rückflug zur Erde > Umkreisen des Mondes > Vorbeiflug am Mond.

Außerdem ist der Energiebedarf natürlich von der Flugzeit abhängig: Je kürzer die Flugzeit, desto größer muß die Startgeschwindigkeit sein, desto höher ist auch die Anfluggeschwindigkeit, und desto größer ist die erforderliche Energie. Schließlich hängt sie auch (bei Mondumkreisungen oder beim Vorbeiflug) von der minimalen Mondentfernung ab und damit vom geozentrischen Startwinkel.

Wir betrachten wieder nur ein spezielles und praktisch wichtiges Beispiel, um die Diskussion nicht ins Uferlose zu führen: den Energiebedarf von der Beschleunigung aus der erdnahen Parkbahn (in 180 km Höhe) bis zur Abbremsung in eine mondnahe Parkbahn, die wieder in 120 km Höhe über der Mondoberfläche verlaufen soll. Das Triebwerk muß dann folgende Geschwindigkeitsänderungen erzeugen:

1. Bei der Beschleunigung aus der erdnahen Parkbahn in die Übergangsbahn zum Mond:
 $\Delta v_e = v_{11} - 7,8004$ km/s.
2. Bei der Abbremsung aus der Übergangsbahn in die mondnahe Parkbahn:
 $\Delta v_m = v_{22} - 1,6244$ km/s.

(v_{22} ist die Periselenum-Geschwindigkeit; die beiden Zahlenwerte sind die Kreisbahngeschwindigkeiten in der jeweiligen Parkbahn). In Abb. 3 sind die Geschwindigkeitsänderungen Δv_e und Δv_m als Funktion von $\psi_1 = \psi_1 - \psi_p$ dargestellt (ψ_p ist die parabolische Geschwindigkeit). Der Anstieg von Δv_e mit ψ_1 ist trivial. Interessant ist jedoch, daß Δv_m zunächst wesentlich kleiner ist als Δv_e (bei den

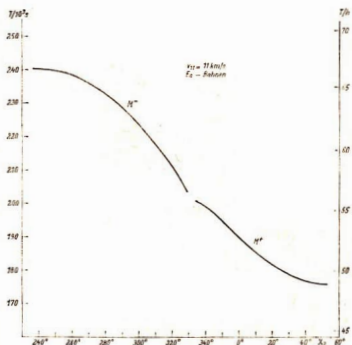


Abb. 2:
 Flugzeit T vom Erdbit ($h = 180$ km) zum Periselenum, Bahntyp Ea, als Funktion des Eintrittswinkels χ_2 in die lunare Wirkungssphäre, für $v_{11} = 11$ km/s.

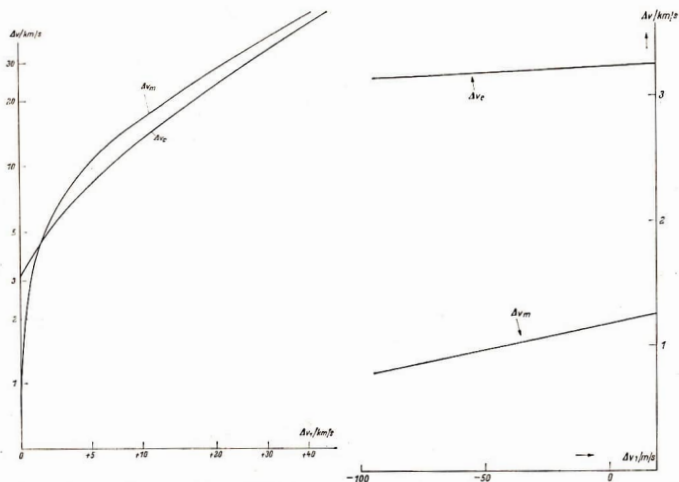


Abb. 3a, oben: Notwendige Geschwindigkeitsänderungen Δv_e und Δv_m beim Start aus dem Erdrorbit bzw. Eintritt in den Mondorbit, als Funktion von $\Delta v_1 = v_{11} - v_p$ (mit $v_p = 11,0314$ km/s).

Abb. 3b, rechts: Dasselbe für kleine Werte von Δv_1 .

niedrigsten Startgeschwindigkeiten nur 25 % von Δv_e), daß Δv_m jedoch rascher mit wachsendem v_{11} ansteigt und schließlich sogar größer wird als Δv_e (maximal 126,5 %), (vgl. auch Tab. 1). Die Ursache dieses Effekts ist darin zu suchen, daß bei kleinem v_{11} infolge der Wirkung der Erdgravitation die Sonde nur mit sehr geringer Geschwindigkeit die Nähe des Mondes erreicht, so daß auch — trotz der Gravitationskraft des Mondes — nur eine relativ kleine Geschwindigkeitsdifferenz ausreicht, um in die Parkbahn um den Mond einzuschwenken. Die minimalen Geschwindigkeiten bei diesem Flug sind:

geozentrisch:	min (v_{11}) = 10,9371 km/s,
selenozentrisch:	min (v_{22}) = 2,406 km/s.

Bei großen v_{11} werden jedoch die durch die Gravitationsfelder von Erde und Mond verursachten Geschwindigkeitsänderungen sehr gering, so daß die Sonde fast mit der Startgeschwindigkeit v_{11} beim Mond eintrifft ($v_{11} \approx v_{22}$) und deshalb eine um 7,8 km/s — 1,6 km/s = 6,2 km/s stärkere Abbremsung erforderlich ist als beim Start. Für $v_{11} = 90$ km/s wird beispielsweise $v_{22} = 89,35$ km/s.

Für den Start von der Erdoberfläche in die Parkbahn kommen in jedem Fall noch wenigstens 7,8 km/s hinzu, dazu die Kompensation des Geschwindigkeitsverlustes, der durch den Luftwiderstand verursacht wird, sowie bei einer Landung auf dem Mond und beim Start wieder je 1,6 km/s, und nochmals Δv_m für den Rückstart aus der Mondparkbahn. Auf diese Weise läßt sich der gesamte ideale Geschwindigkeitsbedarf für einen Mondflug aus den einzelnen Änderungen additiv zusammenstellen.

Wie bereits die Flugzeiten, hängen auch die erforderlichen Geschwindigkeitsänderungen noch etwas von der Umlaufrichtung ab: Die Abbremsung in eine rechtläufige Mondparkbahn erfordert — fast unabhängig von der Startgeschwindigkeit — etwa 10 m/s mehr als die Abbremsung in eine rückläufige Bahn derselben Höhe über dem Mond, weil die Sonde die rechtläufige Bahn mit einer um diesen Betrag höheren Geschwindigkeit relativ zum Mond (v_{22}) erreicht (dasselbe v_{11} natürlich vorausgesetzt!).

Starttoleranzen

Wie groß sind die zulässigen Starttoleranzen bezüglich der Startgeschwindigkeit und des Startwinkels, wenn ein vorgegebenes Ziel erreicht werden soll? Wir müssen uns hier wieder auf einige allgemeine Bemerkungen und spezielle Beispiele beschränken.

Die nachfolgenden Angaben lassen sich vollständig aus den verschiedenen graphischen Darstellungen der Ergebnisse ablesen. Was uns jetzt interessiert, sind nicht die Werte der Parameter selbst, sondern ihre Änderungen bei einer Variation der Anfangsbedingungen, also die Gradienten des Parameterfeldes in Abhängigkeit von v_{11} und ψ_1 .

Zunächst sei hier der Bereich der Startwinkel ψ_1 angegeben, in dem die Sonde die Mondoberfläche erreicht (Abb. 4). Dieser Winkelbereich ist stets größer als der scheinbare Durchmesser des Mondes, gesehen vom Startpunkt ($0,517^\circ$), doch nähert sich der Winkelbereich bei hohen Startgeschwindigkeiten diesem Wert, weil die Bahn dann nahezu geradlinig verläuft. Bei niedrigen v_{11} wird der Bereich größer durch den Einfluß der Mondanziehung und die Krümmung des Treffbereichs in der v_{11} - ψ_1 -Ebene (vgl. Abb. 2b, c in Teil I und 4b in Teil II).

Wie aus diesen und anderen Abbildungen hervorgeht, ist die Abhängigkeit der selenozentrischen Bahn von Änderungen der Anfangsbedingungen im wesentlichen überall ähnlich, abgesehen davon, daß bei großen v_{11} generell die Abhängigkeit der Bahn von dieser Geschwindigkeit rasch kleiner wird. Außerdem bringt es die erwähnte Krümmung der Kurven konstanten Periselenums mit sich, daß bei niedrigen v_{11} die Bahn der Sonde besonders empfindlich auf Änderungen von v_{11} reagiert, während sie von ψ_1 nicht so stark abhängt; bei großen v_{11} ist dagegen die Abhängigkeit von Veränderungen des Winkels stärker.

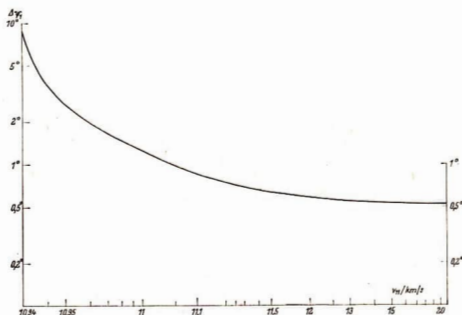
Nehmen wir als Beispiel den Bereich $v_{11} = 10,96 \dots 10,97$ km/s, $\psi_1 = 131 \dots 133^\circ$, den wir mit „A“ bezeichnen wollen. Hier bewirkt eine Änderung von v_{11} um 10 cm/s eine Änderung der Höhe des Periselenums von 60 bis 70 km und eine Änderung der Flugzeit um 3 bis 3,5 Min.; eine Änderung des Startwinkels von $1'$ ruft ebenfalls eine Änderung des Periselenums von etwa 65 km hervor. Bei einer Umlaufzeit der Sonde von rund 90 min in der Erdparkbahn wird $1'$ bereits in $1/4$ Sekunde zurückgelegt: so genau muß der Zündzeitpunkt für den Start zum Mond festgelegt werden, wenn der Fehler den genannten Wert nicht überschreiten soll. Man erkennt daraus, wie eng die Toleranzen sind, wenn man eine definierte Umlaufbahn um den Mond oder ein bestimmtes Landegebiet erreichen will, und daß nachträgliche Bahnkorrekturen kaum zu vermeiden sind.

Bei höheren Startgeschwindigkeiten, z. B. $v_{11} = 12,5 \dots 13$ km/s und $\psi_1 = 114 \dots 118^\circ$ (Bereich „B“) verursacht ein Fehler von 10 m/s nur noch eine Änderung des Periselenums von rund 30 km und eine Änderung der Flugdauer von etwa 2,5 Min.; ein Winkelfehler von $1'$ verändert das Periselenum jedoch um 100 bis 120 km! Die Geschwindigkeitstoleranzen nehmen beträchtlich zu, die Winkeltoleranzen nehmen etwas ab.

Noch viel kritischer ist die Situation bezüglich der sekundären geozentrischen Bahn, deren Parametergradienten in weit stärkerem Maße in der v_{11} - ψ_1 -Ebene variieren, als die der selenozentrischen Bahn. D. h.: Manche sekundäre Bahnen sind äußerst empfindlich gegenüber Änderungen der Startwerte, andere weniger.

Betrachten wir wieder den Parameterbereich A als Beispiel, so finden wir, daß bereits eine Änderung der Startgeschwindigkeit von 1 cm/s das zweite Perigäum um 65 bis 70 km verschiebt; die sekundäre Bahn ist also etwa 10mal empfindlicher von den Startbedingungen abhängig als die selenozentrische Bahn. Ein Fehler des Startwinkels um $0,1'$ bewirkt einen Fehler des sekundären Perigäums von rund 50 km. Diese hohe Empfindlichkeit ist noch keineswegs der Extremfall. Es ist offensichtlich

Abb. 4:
Startwinkeltoleranz $\Delta\psi_1$ für
EaMt-Bahnen (Mondat-
treffbahnen) als Funktion
von v_{11} .



völlig unmöglich, ohne zusätzliche Bahnkorrekturen z. B. den Wiedereintrittskorridor für die Rückkehr in die Erdatmosphäre zu erreichen, dessen Höhenbereich noch kleiner ist als die genannten Werte. Im Parametergebiet B verursachen 10 m/s Änderung in v_{11} einen Fehler des Perigäums von etwa 30 bis 300 km, je nach Höhe des Periselenums und selenozentrischer Umlaufrichtung. Es muß nochmals betont werden (und das wird auch aus diesem letztgenannten Beispiel deutlich), daß die Größe der Toleranzen sehr stark vom Bereich der v_{11} - ψ_1 -Ebene abhängt und im Einzelfall auch ganz anders aussehen kann als in den beschriebenen Beispielen.

Selenozentrischer Bahnwinkel

Die selenozentrische Flugbahn ist stets hyperbolisch. Der selenozentrische Winkel $2\varphi_{22}$, den die Sonde innerhalb der Wirkungssphäre des Mondes zurücklegt, ist hauptsächlich von der Tiefe des Eindringens in die Wirkungssphäre abhängig, d. h. von der Distanz des Periselenums und damit vom Startwinkel ψ_1 bzw. vom Eintrittswinkel χ_2 . In Abb. 5 ist ein Beispiel dargestellt: Der selenozentrische Bahnwinkel bei $v_{11} = 11$ km/s. Er wird maximal für Bahnen, die die Mondoberfläche streifen.

Sekundäres Perigäum für streifende Bahnen

Die Lage des Perigäums, insbesondere sein Abstand vom Erdzentrum, ist grob bereits aus den Abbildungen in Teil I und II ablesbar. Hier soll ein Spezialfall nochmals vorgestellt werden:

Wenn die Sonde den Mond mit dem minimal möglichen Periselenum passiert, also fast streifend an ihm vorbeifliegt, ergeben sich für das Perigäum der sekundären geozentrischen Bahn die in Abb. 6 dargestellten Werte, die meist zugleich die maximal möglichen sind (bei gegebenem v_{11}). Der Abstand des Perigäums kann also sehr groß werden, er kann fast 360 000 km erreichen, und zwar beim rechtläufigen Vorbeiflug am Mond.

Bei rückläufigem Vorbeiflug sind die Werte stets kleiner (maximal fast 290 000 km), und in diesem Fall wird das sekundäre Perigäum für zwei Werte der Anfangsgeschwindigkeit sogar Null.

In Teil II ist dieses besondere Verhalten (Verschwinden des geozentrischen Drehimpulses) bereits erwähnt worden, vgl. auch dort Tab. 1, Nr. 16/17. Es sei ferner daran erinnert, daß das primäre Perigäum in einem Abstand von 655 000 km liegt. Schließlich ist in Abb. 7 die Abhängigkeit der Entfernung des Apogäums r_{m2} vom Winkel χ_2 dargestellt.

Grenzen des Modells

Die Voraussetzungen, auf denen die beschriebenen Resultate basieren, wurden bereits in Teil I ausführlich dargestellt. Hier sollen nur die wichtigsten Einschränkungen nochmals diskutiert werden.

Die durch das Konzept der Wirkungssphäre bedingten Fehler sind dann besonders groß, wenn die Bahn der Raumsonde in der Nähe der Grenze dieser Wirkungssphäre (innerhalb oder außerhalb) verläuft. Abb. 8 zeigt schematisch an einem Beispiel, wie man sich etwa den tatsächlichen Verlauf von Grenzlinien im Diagramm der Anfangswerte v_{11} , ψ_1 im Vergleich zum berechneten Verlauf vorzustellen hat. Es handelt sich um einen kleinen Ausschnitt aus Abb. 3 in Teil I.

Eine weitere wesentliche Einschränkung war die zweidimensionale Behandlung des Problems, d. h. die Beschränkung auf rechtläufige Flugbahnen in der Ebene der Mondbahn. Einige Testrechnungen

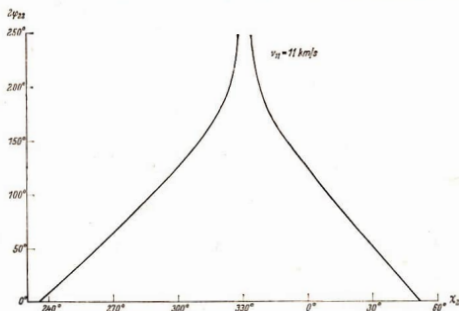


Abb. 5:
Selenozentrischer Bahnwinkel $2\varphi_{22}$ innerhalb der lunaren Wirkungssphäre als Funktion des Winkels χ_2 für $v_{11} = 11$ km/s (Ea - Bahnen; $\pm \varphi_{22}$ ist die wahre Anomalie der Mondsonde an der Grenze der Wirkungssphäre).

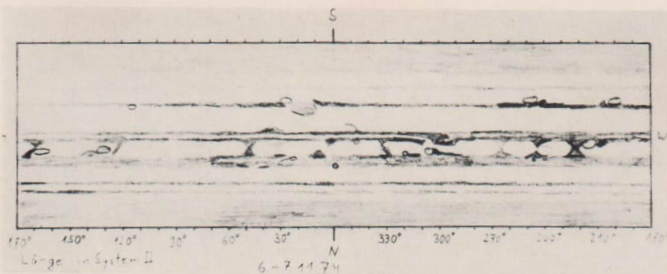


Abb. 1

Zum Beitrag „Jupiter 1974“
S. 118

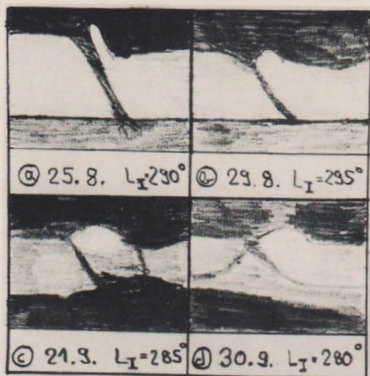


Abb. 2:
Entwicklung einer Brücke in der EZ.

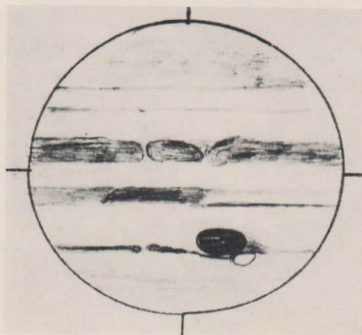


Abb. 5:
Datum 7. 11. Zeit 20 h 55
Länge des ZM
 S_I 145°
 S_{II} 8°
Bemerkungen: Luftunruhe
Vergrößerung: $180\times$
Gerät: Coude-Refraktor 150/2250
Beobachter: Steffen Ziemer



Abb. 2: Barnards Stern 1973 Juli 9, N 400/2000, 10 min auf ZU 2.

Zum Beitrag „Barnards Stern“, S. 121

Abb. 3: Barnards Stern 1974 Juli 22, N 400/2000, 10 min auf ZU 2.



Abb. 1: Merkuraufnahme

Der Januar 1975 brachte eine günstige Merkur-Abendsichtbarkeit. Merkur bewegte sich dabei relativ nahe der Venus und war somit leicht am Südwesthimmel zu finden. Es ist recht schwierig, den Merkur mit einfachen Mitteln zu fotografieren. Seine Helligkeit sinkt im Verlaufe der Abendsichtbarkeit; er steht zudem sehr tief. Erst nach der größten Elongation kann man die Sichelgestalt deutlich wahrnehmen.

Für die Aufnahme wurde der Zeiss-Refraktor 100/1000 mit der Planetenkamera (Projektiv 1:4) auf einer Ib-Montierung eingesetzt. Wegen der Helligkeit des Merkur (+ 0^m1) verwendete ich ORWO NP 27 (Belichtung 6 s), der 75 min lang mit ORWO-Entwickler R 09 in Verdünnung 1+200 entwickelt wurde.

Eine relativ starke Streuung des Lichtes ließ sich nicht vermeiden (Szintillation in Horizontnähe). Trotzdem ist die Sichelgestalt noch gut erkennbar; sie stimmt mit der Angabe aus dem Kalender für Sternfreunde 1975 überein (rd. 40 % beleuchtet).

JÜRGEN RENDTEL

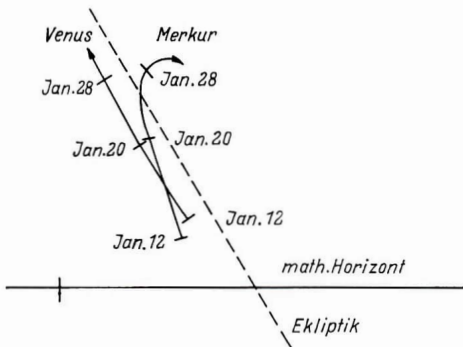


Abb. 2:
Relative Bewegung von
Merkur und Venus im
Januar 1975.



Abb. 1: Bahnspur des Planetoiden Eros.

Hartmut Rölling, Arbeitsgemeinschaft „B. H. Bürgel“, Potsdam, konnte mit dem Schmidt-Spiegelteleskop 500/1000 des Zentralinstituts für Sternphysik Potsdam-Babelsberg die Bahnspur des Planetoiden Eros fotografieren.

Datum: Januar 20, 1975; Uhrzeit: 21.25 bis 21.50 Uhr MEZ; Film: NP 20.

Der helle Stern oberhalb des Planetoiden ist Pollux (β GEM).

Az.

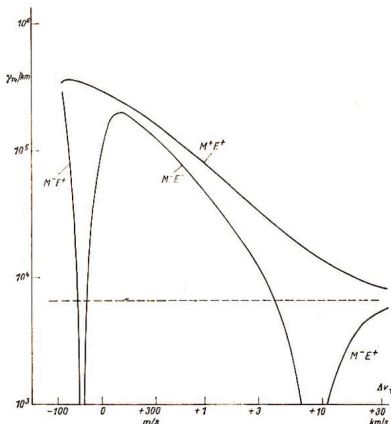


Mond im „aschgrauen Licht“

1975 Febr. 15, 19.30 MEZ
Refr. 250/3750 mm der Sternwarte
M. v. Ardenne
Belichtung: 14 s, fokal mit Gelbfilter
auf NP 27
Aufnahme: H.-J. Blasberg, Dresden.

Abb. 6:

Geozentrischer Abstand des Perigäums r_{14} der sekundären geozentrischen Bahn als Funktion von Δv_1 (= Überschuß der Startgeschwindigkeit über die parabolische) für streifenden Vorbeiflug am Mond (Periseleum $r_{22} = \text{Mondradius } R_2$).



von rückläufigen Bahnen (E^-), vgl. Abb. 6 in Teil II, die eine sehr ähnliche Gliederung der v_{11} - ψ_1 Ebene in analoge Bahntypen erkennen lassen wie im Falle der rechtläufigen Bahnen (E^+), erlauben jedoch den Schluß, daß wahrscheinlich auch bei anderen Lagen der Bahnebene eine vergleichbare Struktur vorhanden sein wird, allerdings etwas verschoben in der Ebene der Startparameter gegenüber der Lage im Falle der hier berechneten koplanaren Bahnen. Die Größe dieser Verschiebung wird vom Bahnneigungswinkel i und von der Knotenlänge Ω abhängen, die als weitere Parameter in die Rechnung eingehen müßten.

Zusammenfassung

Wesentliche Ergebnisse sind:

1. Die Flugzeit bis zum Mond sinkt mit wachsender Startgeschwindigkeit und mit wachsendem Startwinkel. Sie ist für das Erreichen rechtläufiger Mondparkbahnen kleiner als für das Erreichen rückläufiger Parkbahnen.
2. Der Bedarf an idealer Geschwindigkeit bzw. Energie für den Antrieb hängt sehr stark von den Anfangswerten ab und von der vorgesehenen Flugmission. Er setzt sich gewöhnlich aus mehreren Anteilen additiv zusammen.
3. Die Starttoleranzen sind meist so eng, daß Flugbahnkorrekturen kaum zu vermeiden sind. Durch sie können alle Bahnelemente verändert werden, z. B. auch die hier festgehaltene Höhe des primären Perigäums.

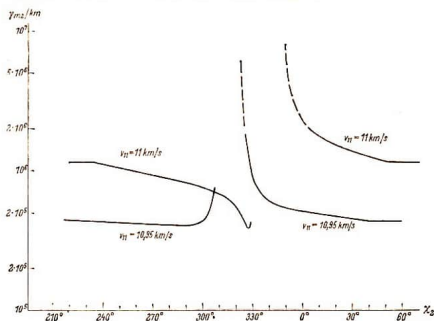


Abb. 7:

Geozentrischer Abstand des Apogäums r_{m2} der sekundären geozentrischen Bahn als Funktion des Winkels χ_2 für zwei Werte von v_{11} .

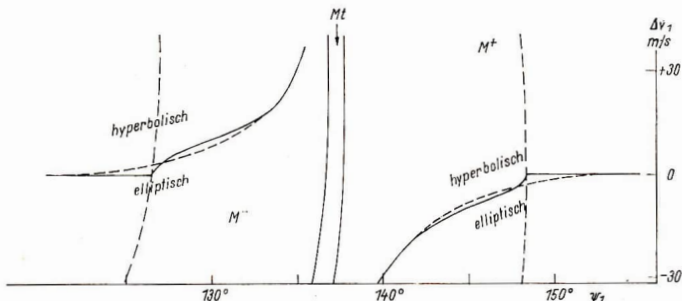


Abb. 8: Grenzen zwischen hyperbolischen und elliptischen geozentrischen Bahnen (Bahntyp Ea). Ausgezogene Kurven: Ergebnisse unseres Modells; punktiert: vermutlicher wahrer Verlauf der Grenzlinien (schematisch).

Insgesamt kann man als wichtigstes Ergebnis der Untersuchung die Aufklärung der Bahnklassenstruktur von Mondflugbahnen bezeichnen, die als Funktion der Anfangswerte (Startgeschwindigkeit v_{11} , Startwinkel ψ_1) unter verschiedenen vereinfachenden Annahmen gewonnen wurde. Diese Struktur ist im wesentlichen in Abb. 3 (Teil I) dargestellt; numerische Werte für die Schnittpunkte von Grenzlinien in diesem Diagramm und von Extremwerten sind in Tab. 1 (Teil II) enthalten. Diese und alle weiteren im Text genannten Zahlenangaben sind jedoch nur als Näherungen anzusehen, da die Vereinfachungen unseres Modells Fehler verursachen. Dagegen ist die Struktur der Bahnklassenverteilung, wie sie in Teil I beschrieben wurde, von diesen Näherungsannahmen unabhängig.

Es sei hier noch erwähnt, daß die berechneten zahlreichen Bahnparameter sich auch noch in anderer Hinsicht auswerten lassen, z. B. bezüglich der Relation zwischen Eintritts- und Austrittswinkel in die Wirkungssphäre des Mondes, hinsichtlich der Exzentrizitäten und großen Bahnhalbachsen der Flugbahnen, der Impuls- und Energieänderungen, der Lage von Periselenum und Perigäum relativ zur Richtung Erde-Mond u. a.; ferner kann auch die Abhängigkeit der Flugbahn von anderen Parameterpaaren von Interesse sein. Auf diese Details soll jedoch hier nicht weiter eingegangen werden, ebenso wenig auf mögliche Erweiterungen des Modells, die in verschiedener Richtung erfolgen können (entsprechend der verschiedenen Vereinfachungen, die dem Modell zugrundeliegen, siehe Teil I), die aber stets den Aufwand für die Rechnung und Auswertung beträchtlich erhöhen würden.

Der Astronautischen Gesellschaft der DDR und der Akademie der Wissenschaften der DDR bin ich dankbar für die zur Verfügung gestellten Mittel.

Literatur:

- W. A. Jigorow, Uspechi Fis. Nauk 63, 73 (1957).
H. Hiller, Astronautica Acta 8, 82 (1962).
E. Hantzche, Astronautica Acta 18, 241 (1973).

Nach Redaktionsschluß eingegangen:

Zwei Vorhaben des ZFA Astronomie für Herbst 1975

Im Herbst dieses Jahres, voraussichtlich am 18. und 19. Oktober, wird eine Fachtagung zum Thema „Die Ausrüstung der Amateurastronomen und Volkssternwarten mit Beobachtungs- und Zusatzgeräten“ stattfinden. Dabei sollen folgende Themen behandelt werden:

- Die Zukunft der Amateurastronomie
- Was kann der Amateurastronom auf seinem Arbeitsgebiet leisten?
- Grundsätzliches zur instrumentellen Ausrüstung
- Spezielle Instrumente und Arbeitsverfahren

Fortsetzung 4. Umschlagseite

Die Redaktion bat den um die astronomische Amateurtätigkeit in der DDR so verdienten Autor um einen Rückblick auf die Anfänge dieser Fachgruppenarbeit im Kulturbund und insbesondere des Zentralen Fachausschusses Astronomie.

Das 30-jährige Bestehen des Kulturbundes ist ein Anlaß, auch die Arbeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie zu würdigen.

Die Befreiung unseres Volkes vom Faschismus durch die ruhmreiche Sowjetarmee schuf die Voraussetzungen für eine demokratische Entwicklung. Der unmittelbaren Einflußnahme sowjetischer Kulturoffiziere ist es zu danken, daß auch das kulturelle Leben bald wieder in Gang kam. Der Kulturbund konstituierte sich wenige Monate nach Kriegsende und wurde zu einem wichtigen Faktor, der auf alle Bereiche des kulturellen Lebens Einfluß gewann.

Wenn auch die Amateurastronomen und Sternfreunde sich bald wieder zu gemeinsamer Arbeit zusammenfanden, so war das vor allem das Verdienst des Kulturbundes. Es hatte schon zuvor mehrfache Versuche und Anfänge einer organisierten Zusammenarbeit gegeben, so die Tätigkeit der Archenhold-Sternwarte in Treptow als Korrespondenzbüro der Amateure, die Gemeinschaft der FDJ-Sternwarten in Sachsen und Sachsen-Anhalt sowie die astronomische Tagung im April 1952 in Bautzen, die in einer Entschließung ihre Bereitschaft zur Zusammenarbeit im Kulturbund und zur Mitarbeit an der Lösung der politischen Aufgaben erklärten.

Am 7. April 1955 wurde auf einer Beratung in Berlin der ZFA Astronomie gebildet, dessen Vorsitzender Edgar Otto sen. wurde. Als Mitglieder des ZFA wurden berufen: Prof. Dr. Hoffmeister, Sonneberg; Wolfgang Gröseling, Magdeburg; Alfred Priem, Erfurt; Gerhard Eichler, Meißen; Herbert Pfaffe, Berlin; Heinz Mielke, Berlin.

Zu Schwerpunkten der Arbeit der Fachgruppen Astronomie wurden

1. die praktische Beobachtungsarbeit, die der Wissenschaft von Nutzen sein kann,
 2. die Popularisierung der Astronomie unter Berücksichtigung der Probleme des Weltraumfluges und des Kampfes gegen Astrologie und Aberglauben“
- erklärt.

Um die Breitenarbeit zu entwickeln, wurde schon im Mai eine Beratung in Leipzig mit 30 Fachgruppenleitern durchgeführt. Bezirksfachausschüsse bestanden damals nur in einigen Bezirken.

In den folgenden Jahren gelang dem ZFA die Sammlung fast aller aktiven Amateurastronomen, die sich auf zentralen und regionalen Tagungen trafen, ihre Aufgaben berieten und Erfahrungen austauschten. Dieser wichtigen Forderung ist der ZFA bis heute nachgekommen.

Mit Beginn des „Internationalen Geophysikalischen Jahres“ und seit dem Start der ersten künstlichen Erdsatelliten wandten sich vielfach die Amateurastronomen dieser neuen Aufgabe zu, wie sie auch andere wissenschaftliche Aufgaben erfolgreich und mit Ausdauer unterstützten.

Der Arbeit mit der Jugend galt von Anfang an die Aufmerksamkeit des ZFA und der Fachgruppen. Bereits auf der Bautzener Tagung 1952 war als eine der drei vordringlichen Aufgaben festgelegt,

„über die Möglichkeiten einer stärkeren Berücksichtigung der Astronomie, Astrophysik und Meteorologie im Unterricht der Schulen entsprechend dem Vorbild der Sowjetunion zu verhandeln.“

In den folgenden Jahren fanden zahlreiche Beratungen mit verantwortlichen Mitarbeitern des Ministeriums für Volksbildung und des Deutschen Pädagogischen Zentralinstituts statt, um bei der Einführung des neuen Lehrplanwerkes der Oberschulen die Belange der Astronomie entsprechend ihrer Bedeutung zu berücksichtigen.

Am 1. September 1959 wurden die Wünsche und Forderungen vieler Fach- und Amateurastronomen Wirklichkeit: in der Klasse 10 bzw. 12 wurde das Unterrichtsfach Astronomie mit einer Wochenstunde für alle Schüler obligatorisch eingeführt. Schon im November 1959 beriefen der ZFA und das Ministerium für Volksbildung die 1. Konferenz zur Unterstützung der Schulastronomie nach Berlin ein. Dort wurden alle Teilnehmer mit der Zielstellung der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule und speziell des Unterrichtsfaches Astronomie vertraut gemacht.

Den Fachgruppen wurde für die folgenden Jahre die Aufgabe gestellt, besonders den Astronomielehrern im Rahmen der Weiterbildung fachlich und methodisch Hilfe zu leisten. Bereits die 2. Konferenz im Mai 1960 konnte eine erfreuliche Bilanz ziehen. Die Kontakte zwischen Fachgruppen und

Oberschulen hatten sich zum großen Teil durch die begonnene Zusammenarbeit gefestigt. Zentrale Hilfen für den Astronomielehrer hatten eine wirksame Verbesserung des Unterrichts eingeleitet; sie wurden durch örtliche Weiterbildungsmaßnahmen wirkungsvoll unterstützt.

Die 3. gemeinsame Konferenz zum Astronomieunterricht fand im November 1970 in Berlin statt. Sie diente besonders der Orientierung der Fachgruppen auf eine umfassende Hilfe für die 10. Klassen bei der Durchführung der praktischen Schülerbeobachtungen. Durch die nachfolgenden Regional-konferenzen konnte erreicht werden, daß sich Hunderte von aktiven Helfern — zum Teil mit ihren eigenen Fernrohren — in den Dienst der Schulastronomie stellten, bis die Schulen nunmehr mit eigenen Fernrohren aus zentralen Lieferungen versorgt wurden.

So hat die breite fachliche, methodische und materielle Hilfe der Fachgruppen unter der zielstrebigsten Leitung des ZFA einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung des lehrplangerechten Unterrichts geleistet. Dafür soll auch an dieser Stelle allen beteiligten Amateurastronomen herzlich gedankt werden. Trotz dieser umfassenden Arbeit widmete sich der ZFA ständig der Anleitung und Betreuung der Fachgruppen. Durch Seminare zu speziellen Themen, zentrale Tagungen zu fachlichen Problemen, Exkursionen in die befreundeten sozialistischen Staaten u. a. wurde die Qualifizierung der Leiter und Mitglieder ständig verbessert.

Im Jahre 1962 übergab Bundesfreund Edgar Otto sen. den Vorsitz im ZFA an Bfr. Herbert Pffaffe. Ab Mai 1968 übernahm Bfr. Dr. Klaus Lindner die Funktion des Vorsitzenden des ZFA, dem heute Vertreter der meisten Bezirke und Leiter bzw. Mitarbeiter der größten Volks-, Schul- und Fachsternwarten angehören.

Das Bemühen des ZFA, ein eigenes Mitteilungsblatt für die astronomischen Fachgruppen herauszugeben, hatte im Oktober 1958 mit dem Erscheinen des 1. Heftes von „Astronomische Rundschau“ Erfolg. Unter der Redaktion von Herbert Pffaffe und Karl-Heinz Neumann konnte die AR eine große Lücke in der Vermittlung von wissenschaftlich-weltanschaulichen und fachlichen Kenntnissen und praktischen Erfahrungen der Amateure schließen. Die Weiterführung der Zeitschrift als „Astronomie und Raumfahrt“ brachte eine wertvolle Bereicherung des Inhalts für die Amateurastronomen und astronomisch interessierten Bürger unserer Republik.

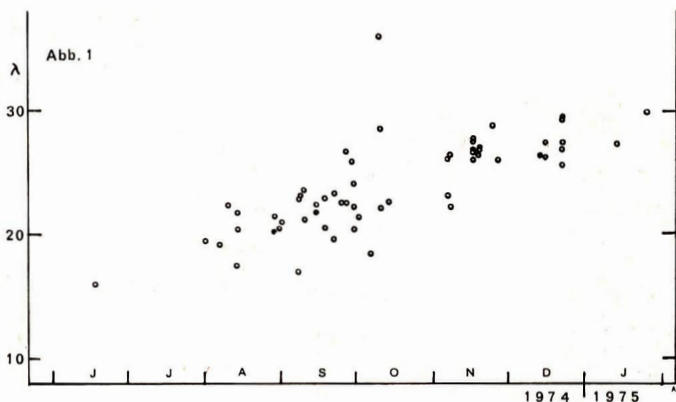
Ohne daß hier die Möglichkeit eines umfassenden Rechenschaftsberichtes des ZFA Astronomie gegeben war, darf doch zusammenfassend festgestellt werden, daß die 20 Jahre des Bestehens des ZFA einen Zeitraum sehr positiver Entwicklung der Amateurastronomie in unserer DDR umfassen. Die vergangenen Jahrzehnte angestrengter Arbeit sind ein untrennbarer Bestandteil unserer 30jährigen Entwicklung seit dem 8. Mai 1945 und zugleich eine Verpflichtung, nicht nachzulassen in der weiteren Gestaltung unserer sozialistischen Gesellschaft.

Amateure beobachten und berichten

Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1974

HEINZ ALBERT

Mit diesem Zwischenbericht schließen wir an die Mitteilung in „Astronomie und Raumfahrt“ 1975/1, S. 14 von Dr. Paul Ahnert an. Im Gegensatz zu dieser früheren Veröffentlichung verzichten wir auf die Angabe von Mittelwerten für die einzelnen Monate. Um einen raschen Vergleich zwischen den Beobachtern zu ermöglichen, sind deren Positionsangaben gegenübergestellt worden und können so auch in ihrer Dichte während des Beobachtungszeitraumes rasch überblickt werden. Ebenso wurde bewußt auf die Berechnung von Tagesmitteln verzichtet, da — wie Abb. 1 zeigt — die Werte der verschiedenen Beobachter in den Monaten August bis Oktober 1974 zu stark streuen. Lediglich die Ergebnisse der Messungen in den Monaten September (1. Hälfte), November und Dezember stimmen in befriedigender Weise überein.



Trotzdem läßt sich aus den Meßreihen jedes einzelnen Beobachters eindeutig erkennen: Der GRF driftete innerhalb des Beobachtungszeitraumes von Juni 1974 bis Januar 1975 von etwa 16° auf etwa 30° jovigraphischer Länge.

Damit setzte sich das Zurückbleiben des GRF gegenüber der Rotation im System II fort, von dem bereits in Heft 1/75 berichtet wurde. Auch die im 1. Halbjahr 1974 schon registrierte Verlangsamung dieser zurückbleibenden Driftbewegung des GRF hielt im Berichtszeitraum an und hat sich weiter verstärkt (vgl. Abb. 2).

Die von 1971 bis 1974 beobachtete Längenausdehnung von 20,4° veränderte sich auch im 2. Halbjahr 1974 kaum.

Der Bearbeiter dieser Meßreihen kommt zu folgenden Schlüssen:

— Jede einzelne Meßreihe der fünf Beobachter ist — bis auf geringfügige Ausnahmen — in sich homogen, die allerdings infolge der Witterungseinflüsse und sonstigen Verpflichtungen des Amateurs lückenhaft bleiben muß.

— Beim Versuch einer Auswertung der Meßreihen verschiedener Beobachter werden zwar die zeitlichen Lücken der Einzelmeßreihen mehr und mehr geschlossen, doch treten dann starke Streuungen an den einzelnen Beobachtungstagen auf, die sich um so nachteiliger bemerkbar machen, je weniger Beobachter sich am Programm beteiligten. Das trifft auf den vorliegenden Versuch voll zu.

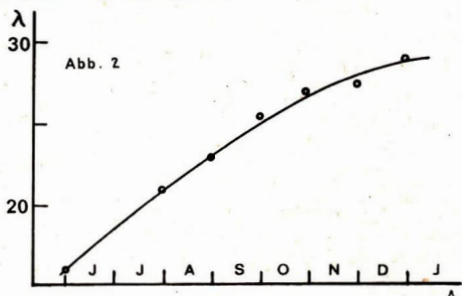
Darum rufen wir auf, es mögen sich künftig noch mehr Beobachter der Positionsbestimmung des GRF widmen und ihre Ergebnisse bis 1. März 1976 einsenden.

Meßreihentabelle umseitig

Beobachter:

- Bl = H.-J. Blasberg, Dresden;
Cassegrain 210/3000
- Br = H. Bretschneider, Schneeberg;
Cassegrain 150/2250,
Refraktor 50/540
- Gr = H.-D. Greißner, Friedersdorf;
Refraktor 80/840
- Mo = J. Mosch, Meißen;
Cassegrain 150/2250
- Se = S. Seliger, Dresden;
Refraktor 80/1200

Im nächsten Heft beendet Dr. Paul Ahnert die Auswertung.



Die Beobachtungen

(Positionsangaben in jovigraphischer Länge (System II) für die Fleckmitte)

Datum						Datum							
		Beobachter						Beobachter					
		Bl	Br	Gr	Mo	Se			Bl	Br	Gr	Mo	Se
1974	VI 18	16°											
	VIII 01	19,7						X 02					21,6
	07	19,3						07					(18,1)
	10	22,6						10		(36,0)			
	15		17°6		22°0			11	28,6				22,2
	15				20,7			14					22,7
	29	20,5		21°8				XI 07				26,3	23,2
	31	20,8						08		26,6			22,3
	IX 01			21,3				17	28,0	27,6	26,8	26,8	26,2
	08	23,3		23,2	17°2			19	27,2		26,5	26,9	26,9
	10			23,8	21,4			25		28,0			
	15	22,6			22,0			27			26,2	26,1	
	18	23,1			20,7			XII 14					26,5
	22	23,5			19,8			16			26,4	27,6	26,4
	25	22,7						23	29,5		25,8	27,6	27,0
	27	26,9			22,7								
	29	26,1						1975	I 14		27,4		
	30	(22,4)		24,1	20,6			26	30,0				

Jupiter 1974

C. P. RENSCHEN, ST. ZIEMER

Von den Verfassern wurde in den Monaten Juli bis Dezember 1974 am 150/2250 Coudé-Refraktor der Volkssternwarte „Adolph Diesterweg“, Radebeul, der Jupiter intensiv beobachtet.

Die Verfasser hatten sich folgende Ziele gesteckt:

- Positionsbestimmung des Großen Roten Flecks (GRF) sowie anderer markanter Oberflächengebilde (WOS-Objekte¹⁾, Brücken und Girlanden in der Äquatorzone = EZ) mit Hilfe von Positionsschätzungen in Länge bei Zentralmeridianpassagen (ZM-Passagen) und Positionsbestimmungen mit Mikrometermessungen
- Intensitätsschätzungen des GRF und der Bänder nach einer achtstufigen Skala
- Gewinnung von Gesamtdarstellungen des Planeten in Merkatorprojektion und Einzelzeichnungen (d = 66 mm) zur topografischen Überwachung des Planeten.

Zur Auswertung standen Ende Dezember zur Verfügung:

70 Einzelzeichnungen, 5 Merkatorkarten des gesamten Planeten, etwa 100 Positionen der verschiedenen Objekte aus ZM-Passagen, etwa 500 Positionen der verschiedenen Objekte aus Zeichnungen, 150 Intensitätsschätzungen des GRF und der Bänder (St. Ziemer), 21 Mikrometermessungen markanter Objekte (C. P. Rensch).

Die Mikrometermessungen konnten noch nicht ausgewertet werden, so daß sämtliche Positionsangaben das Ergebnis von Schätzungen bzw. von Messungen aus Zeichnungen sind.

Das vorliegende Beobachtungsmaterial weist auf Grund ungünstiger Witterung zeitliche Lücken auf. Trotzdem konnten die Verfasser ein anschauliches Bild der Vorgänge auf dem Planeten gewinnen.

Die Äquatorzone (EZ) und angrenzende Bänder (NEB und SEB)

Die EZ wurde zu Beginn der Beobachtungsreihe von zahlreichen Brücken beherrscht. Nicht immer gelang eine absolut sichere Identifikation. Bei einem Objekt (Länge im System I rd. 280°) bestand diese Schwierigkeit nicht. Hier konnte über einen verhältnismäßig langen Zeitraum hinweg eine interessante Entwicklung beobachtet werden. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, wurde das Objekt erstmals am 25. 8. bei rd. 280° S₁ beobachtet. Hinter der Brücke war im NEB deutlich eine sehr schmale Einbuchtung zu sehen. Am 29. 8. hatte sich diese schon beträchtlich ausgeweitet und am 21. 9. war die „Ausbuchtung“ als weißer Fleck in der ziemlich dunklen EZ zu sehen. Dieser Fleck weitete sich weiter aus und erschien am 30. 9. „aufgeplatzt“.

In der zweiten Hälfte der Beobachtungsperiode schritt die Entwicklung in Richtung ausgedehnter weißer Flecken und dazwischenliegender Dunkelfronten voran. Die Eigenbewegung der Objekte in der EZ war annähernd gleich. Sie betrug im Mittel 0,2 Grad. Die Intensität der beiden Bänder SEB und NEB schien in steter Veränderung begriffen (s. a. Tab. 1).

¹⁾ weiße ovale Flecken

Nur wenige Male konnten Brücken zwischen NEB und NTB bzw. Flecken auf der Nordseite des NEB beobachtet werden. Das NEB blieb im großen und ganzen einheitlich, zumindest wurde nicht so häufig wie beim SEB, ein Zerfall in Nord- und Südkomponente oder die Bildung von Dunkelstellen beobachtet.

Beim SEB wurde – wie schon erwähnt – ein Zerfall in zwei Komponenten beobachtet. Dabei war die südlichere stets schmal und dunkel, während die nördlichere breiter und heller („verwaschener“) war und mitunter in die verhältnismäßig dunkle EZ übergang. Eine SEB-Bucht konnte 1974 auf Grund der großen Entfernung des SEB zum GRF nicht beobachtet werden.

GRF und STB (südliches temperiertes Band)

Das auffälligste Objekt der Planetenoberfläche war der GRF, der im gesamten Beobachtungszeitraum rot gesehen wurde. Zu Beginn der Beobachtungsperiode befand er sich bei 17° im System II. Bis Mitte Oktober bewegte er sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von $0,07^\circ/\text{d}$ gegen System II. Von diesem Zeitpunkt an wurde die Bewegung des GRF merklich von dem sich nähernden WOS-Objekt FA beeinflusst. Abb. 3 verdeutlicht die nun folgende Entwicklung. Die Driftgeschwindigkeit des GRF erhöhte sich sprunghaft auf $0,73^\circ/\text{d}$. Ende November war der Höhepunkt dieser Entwicklung erreicht. Der GRF befand sich nunmehr bei 33° im System II. Die anschließende retrograde Bewegung führte auf 20° zurück.

Auch für das WOS-Objekt hatte die Begegnung mit dem GRF Folgen. Bei der Annäherung wurde das WOS-Objekt zunächst stark gebremst. Die kleinste Geschwindigkeit wurde bei der Konjunktion mit dem GRF erreicht. Anschließend wurde das Objekt stark beschleunigt.

Während des Vorübergangs nahm die Intensität beider Objekte stark zu. Während der GRF zum dunkelsten Objekt der Planetenoberfläche wurde, zeigte sich das WOS-Objekt intensiv weiß (Abb. 4). In Abb. 4 wurden zusätzlich die ungefähren Sonnenfleckenrelativzahlen der Monate August bis Oktober aufgetragen (1). Eine eindeutige Entscheidung über eine evtl. Korrelation ist nicht möglich.

Am Westrand des GRF zeigte sich das SEB dunkel gestaut, während sich der GRF am Ostrand auf einer grauen Unterlage zu befinden schien. Überhaupt war das SEB auf der Westseite des GRF stets dunkler als auf der Ostseite (Abb. 5).

Außer dem WOS FA wurden noch die beiden WOS-Objekte BC und DE beobachtet. Ab Ende September konnte noch ein zusätzlicher weißer Fleck beobachtet werden. Tabelle 2 gibt die mittleren Driftgeschwindigkeiten, die Positionen sind in Abb. 6 dargestellt.

Am 16. 9. wurde im STB ein interessantes Dunkelobjekt beobachtet. Dieses erreichte an Dunkelheit fast die von Mondschaten, von denen sich gerade zwei auf der Oberfläche befanden; es war auch nicht wesentlich größer als diese. Der schwarze Fleck befand sich bei etwa 113° im System II. Das Gebiet um 113° konnte auf Grund schlechter Witterung erst nach einer Woche wieder beobachtet werden. Leider war der Fleck verschwunden. Dafür schien sich das STB jedoch verdunkelt zu haben.

Nördliches temperiertes Band (NTB)

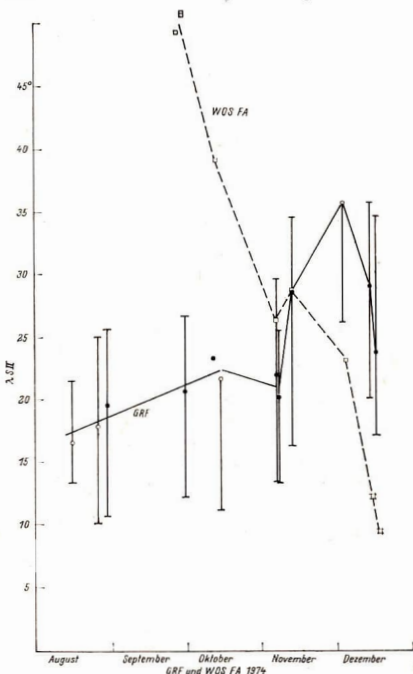
Das NTB lag in der gesamten Beobachtungsperiode dicht beim NEB. Es nahm im Beobachtungszeitraum um zwei Stufen in der Intensität zu. Bis auf gelegentliche Beobachtung von Brücken zwischen NEB und NTB wurden keine Einzelheiten beobachtet.

Polarregionen (NPR und SPR)

Die NPR war im Beobachtungszeitraum aktiver als die SPR. Es schienen sich ständig NNTB (mitunter sogar NNNTB) von der grauen Polkappe abzulösen und sich wieder mit ihr zu vereinigen. Ende August erschien den Verfassern sogar das NNTB dunkler als das NTB. Zu diesem Zeitpunkt war das NNTB jedoch noch an vielen Stellen mit der Polkappe verbunden.

Während im August die SPR dunkler war als die NPR, wurden sie danach fast gleich dunkel aufgefaßt. Gegen Ende des Beobachtungszeitraumes war die NPR eindeutig dunkler als die SPR.

Abb. 3: Positionen aus ZM-Passagenschätzungen.



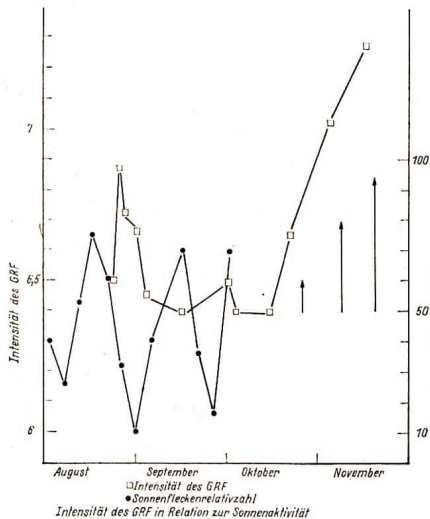


Abb. 4

Schlußbemerkungen

Die Verfasser glauben gezeigt zu haben, daß auch am 150/2250 Coudé-Refraktor, der zur Ausrüstung vieler unserer Volkssternwarten gehört, gute Beobachtungsergebnisse erreichbar sind, wenn mit genügender Ausdauer gearbeitet wird.

Verschiedentliche Positionsschätzungen des GRF am Schulfernrohr 63/840 haben bestätigt, daß der geübte Beobachter auch mit diesem Instrument zu genauen Meßwerten kommen kann.

Wir rufen deshalb Sternfreunde, die über entsprechende Geräte verfügen, zur Mitarbeit bei der Jupiteropposition 1975 auf²⁾

²⁾ Einsendung der Ergebnisse an die in Heft 3/75 S.92 mitgeteilte Adresse (Die Red.)

„Bemerkungen“ von H. Albert/H.-J. Blasberg zu diesem Beitrag veröffentlichen wir im nächsten Heft.

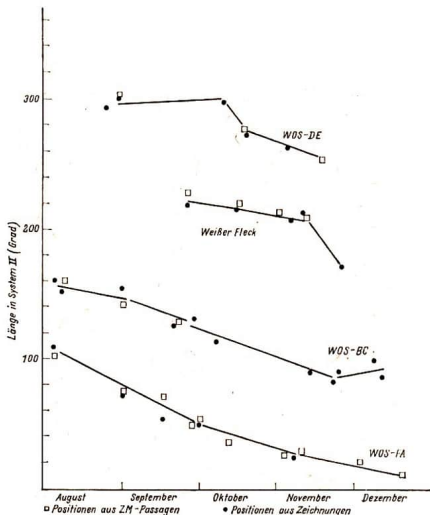


Abb. 6:
Längenpositionen der WOS-Objekte im System II.

Tabelle 1: Monatsmittel der Intensitäten der Bänder

Monat	SPR	STB	SEB	NEB	NTB	NPR
August	3,8	5,5	6,6	6,4	3,0	3,1
September	3,8	5,6	6,6	6,8	3,9	3,7
Oktober	3,5	5,7	6,3	7,0	4,2	4,2
November	4,0	5,4	6,5	7,0	4,0	4,1
Dezember	2,6	4,4	6,5	6,9	5,0	3,7

Tabelle 2: Driftgeschwindigkeiten der WOS-Objekte (in Grad pro Tag)

Monat	WOS-FA	WOS-BC	WOS-DE	Weißer Fleck
August	-0,87	-0,55	—	—
September	-0,76	-0,60	-0,65	—
Oktober	-0,65	-0,60	-0,69	-0,20
November	-0,20	-0,40	-0,69	-1,5
Dezember	-0,90	+0,30	—	—

Amateurbeobachtungen von Barnards Stern

DIETMAR KITTA

Der Barnardsche Stern (auch Pfeilstern genannt) ist ein schwacher Stern mit einer scheinbaren Helligkeit von 9^m54. Dieses Objekt steht im Sternbild des Schlangenträgers und ist schon mit kleinen Fernrohren erreichbar, wenn man seinen Ort genau kennt. Drei Fakten machen den Stern interessant.

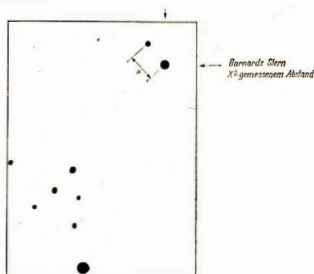
1. Er ist der drittnächste Fixstern. Seine Entfernung beträgt „nur“ 5,9 Lichtjahre.
2. Er ist der Stern mit der größten bis jetzt bekannten Eigenbewegung. Innerhalb eines Jahres bewegt er sich um 10,34" an der Sphäre weiter.
3. Er ist ein Fixstern, der sehr wahrscheinlich einen oder gar mehrere planetarische Begleiter besitzt.

In unserer Zittauer Volkssternwarte haben wir die Möglichkeit, an einem 400 mm Spiegelteleskop mit einer Brennweite von 2000 mm zu arbeiten.

Nach der Formel: $l = 0,0175 \cdot f \cdot \omega$ ergibt sich, wenn die Objektgröße ω in Bogengrad und die Objektbrennweite f in mm gemessen wird, die Bildgröße eines Objektes l (in mm) auf dem Film. Da Barnards Stern eine jährliche Eigenbewegung von 10,34" besitzt und wir mit 2000 mm Brennweite arbeiten, muß sich der Stern auf zwei im Abstand eines Jahres belichteten Fotos um 0,1017 mm im scheinbaren Ort verschoben abbilden. Diese, wenn auch kleine, so doch meßbare Differenz, regte zu unseren Versuchen an.

Die erste Aufnahme entstand am 9. Juli 1973, die zweite am 22. Juli 1974. Die zeitliche Differenz betrug also etwas mehr als ein Jahr. Es wurde beide Male 10 min lang auf eine ORWO ZU 2 Platte belichtet. Leider herrschten nicht die gleichen atmosphärischen Bedingungen. Die Reichweite der Aufnahme von 1974 ist höher (etwa 14^m5) als die vom Vorjahr. Von beiden Platten wurden hohe Vergrößerungen angefertigt und dann in langwieriger Arbeit die Sternabstände verglichen. Nach über zwei Stunden konnte der Pfeilstern sicher identifiziert werden. Der Abstand zu einem benachbarten Stern betrug auf der 73er Aufnahme 16,5 mm und auf der 74er Aufnahme waren es 19,7 mm. Die Ausmessung erfolgte auf recht unelegante Weise mit Stechzirkel, Lineal, Meßschleber und Lupe. Sicherlich hätte ein Komparator die Arbeit wesentlich erleichtert und mit einem Koordinatenmeßgerät hätte man nicht nur genaue Abstände, sondern auch noch exakte Rektaszensions- und Deklinationswerte liefern können. Doch dies ist nicht der Sinn des Versuchs gewesen. Uns ging es darum, mit Amateurmitteln (wenn auch erheblichen) die Eigenbewegung eines Fixsternes nachzuweisen, und das ist uns gelungen. Wir werden auch in diesem Jahr den „Rekordläufer“ wieder fotografieren.

Abb. 1



Wichtig für solche Versuche ist neben der genauen Ortskenntnis ein Instrument mit einer entsprechenden Brennweite; diese kann auch kürzer sein, allerdings muß dann eben der Beobachtungszeitraum über längere Zeit ausgedehnt werden. Eine exakte Nachführung und genaue Fokussierung versteht sich von selbst.

Wir möchten gern zu ähnlichen „ausgefallenen“ Experimenten anregen, die doch unbestreitbar einen gewissen Reiz an sich haben. Vielleicht können Amateure, denen genügend große Instrumente zur Verfügung stehen, besonders Fachgruppen bzw. Arbeitsgemeinschaften in Volks- und Schulsternwarten, sich solche Versuche zum Ziel stellen. Wir denken dabei auch an Aufnahmen der beiden Uranusmonde Titania und Oberon, was mit genügend langer Brennweite zu realisieren wäre. Nicht ganz so schwierig wären zum Beispiel Aufnahmen unseres äußersten Planeten Pluto; der Beobachtungszeitraum kann hierbei wesentlich kürzer gewählt werden. Zwar sind dem Verfasser Versuche zu den Uranusmonden und zu Pluto bisher mißglückt, doch werden wir dieses Jahr auch die Plutoaufnahmen erneut in Angriff nehmen.

Literatur:

P. Ahnert: Kalender für Sternfreunde 1970, S. 142. Neues von Barnards Stern.
„Die Sterne“ (Jahrgang 45, S. 247).

Beobachtung des Perseidenstromes 1974

HARTMUT URBANSKI

Vom 10. bis 15. August vergangenen Jahres beobachtete der Verfasser Meteore des Perseidenstromes. Obgleich die Abende des 12. und 13. August aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse für die Beobachtung ausfielen, konnte über einen Zeitraum von 6,0 Stunden hinweg auswertbares Material gesammelt werden. Zu diesem Zweck wurde während der nachfolgend genannten Zeiten vom Schoningsberg in Berlin-Rahnsdorf das Himmelsareal RA $0^h \dots 6^h$; Dekl. $+40^\circ \dots +90^\circ$ überwacht:

Aug. 10 22^h40^m...23^h00^m MEZ

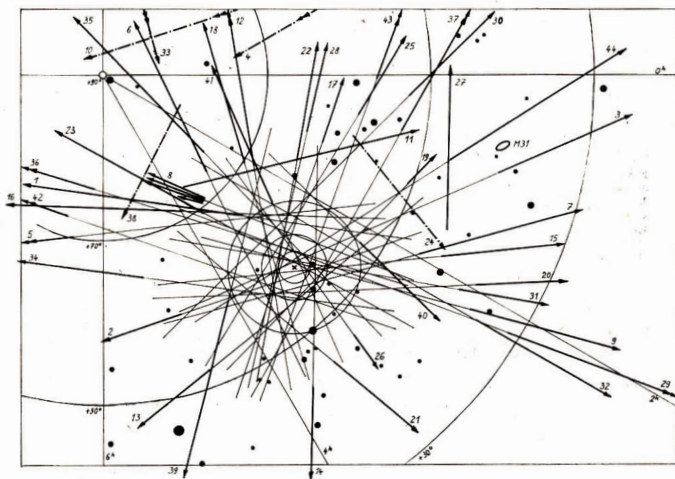
Aug. 11 21^h35^m...24^h00^m MEZ

Aug. 12 0^h00^m... 0^h45^m MEZ

Aug. 14 21^h45^m...24^h00^m MEZ

Aug. 15 0^h00^m... 0^h15^m MEZ.

Abb. 1



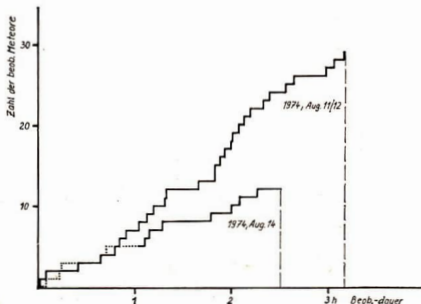
Die Aufzeichnungen, die bei Bedarf vom Verfasser angefordert werden können (1166 Berlin, Mönchsheimer Str. 34), enthalten in zeitlicher Reihenfolge:

- Zeitpunkte der Erscheinungen (in MEZ)
- scheinbaren Bahnverlauf (s. Abb. 1)
- Aufleuchtdauer (auf 1/10 sec. nach Auge-Ohr-Methode)
- scheinbare Helligkeit (bis 5^m)
- Nachleuchtdauer (bei Erscheinungen heller als 2^m).

Von den insgesamt 61 beobachteten Meteoren lagen die Bahnen von 44 ganz oder teilweise im kartographierten Gebiet. Für weitere 7 im Kartenfeld beobachtete Erscheinungen kann eine Perseidenherkunft ausgeschlossen werden (Punkt-Strich-Pfeile sowie Nr. 11 und 27). Zur Radiantbestimmung standen somit 37 Meteorbahnen zur Verfügung.

Abb. 1 enthält die in zeitlicher Reihenfolge nummerierten Meteorspuren (Pfeile), ihre rückwärtigen Verlängerungen (ausgezogene Linien) sowie den scheinbaren Radiant (bei RA = $3^h \pm 10^m$ und Dekl. = $57^\circ \pm 1^\circ$), der mit Ausstreufeldern von 4° , 8° bzw. 16° Durchmesser umgeben wurde. In diesen Kreisen befanden sich 41%, 76% bzw. 100% der 37 Meteore, die mit großer Wahrscheinlichkeit Perseidenzugehörigkeit aufwiesen. Die mittlere Nachleuchtdauer der 10 beobachteten Erscheinungen dieser Art (27% der Gesamtzahl) betrug 2.1 Sekunden.

Abb. 2



Zwei Beobachtungstatsachen sollen mit der Abb. 2 veranschaulicht werden:

1. das Nachlassen der Aktivität mit Entfernung vom Häufigkeitsmaximum und
2. das gruppenweise Auftreten von Meteorerscheinungen in kurzer Aufeinanderfolge, das von längeren Pausen unterbrochen wird.

Kurzbericht

Fertigungsprogramm für Schul- und Amateurgeräte 1976/77

Wie uns vom VEB Carl Zeiss, Jena, mitgeteilt wurde, können nachfolgend genannte schul- und amateurastronomische Geräte und Zubehör bezogen werden, die für die Jahre 1976/77 in das Fertigungsprogramm aufgenommen worden sind. Die Liefertermine und Bezugspreise für das jeweilige Gerät sind beim Hersteller gesondert anzufordern.

I. Geräte

1. TELEMENTOR 63/840
2. Amateurfernrohr 100/1000
3. „Meniscas“ 150/2250
4. Coude-Refraktor

II. Objektive, Okulare

1. Basteloptiksatz
2. 50/540
3. 63/840
4. 80/840
5. 80/1200
6. 100/1000
7. 110/750

8. 110/1650
9. 150/2250
10. Huygens-Okular $f = 16$ mm
11. Huygens-Okular $f = 25$ mm
12. Huygens-Okular $f = 40$ mm
13. Huygens-Okular $f = 63$ mm
14. Orth. Okular $f = 4$ mm
15. Orth. Okular $f = 6$ mm
16. Orth. Okular $f = 10$ mm
17. Orth. Okular $f = 12,5$ mm
18. Orth. Okular $f = 16$ mm
19. Orth. Okular $f = 25$ mm
20. Orth. Okular $f = 40$ mm

Fortsetzung 3. Umschlagseite

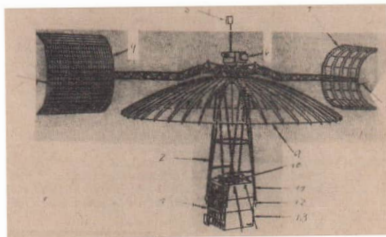


Abb. 1: Aufbau des Satelliten ATS-6

- 1 Geräte für erdorientierte Programme
- 2 Fachwerk aus Graphitfaser-Stäben
- 3, 8 VHF-Antennen
- 4, 7 Solarzellen-Ausleger
- 5 Magnetometer
- 6 Meßgeräte
- 9 Parabolantenne
- 10 Antennenspeisung
- 11 Funkelektronische Geräte
- 12 Stromverteilungsgeräte
- 13 Experimente-Einheit

Das Test- und Experimentalprogramm des Applikationssatelliten ATS-6

H. D. NAUMANN

Bei den Satelliten vom Typ ATS (Abk. für Applications Technology Satellite, d. h. Satellit für Anwendungstechnologien) handelt es sich um eine Test- und Experimentalsatellitenserie der NASA, deren Aufgabenstellung vier Hauptkomplexe umfaßt:

- Forschungs- und Beobachtungsaufgaben im erdnahen Raum sowie Erdbeobachtungen aus dem Kosmos,
- Wetterbeobachtungen sowie Test und Erprobung neuer Wettersatellitensysteme,
- Nachrichtenübertragungen sowie Test und Erprobung neuer Nachrichtensatellitensysteme,
- Test und Erprobung technischer Satellitensysteme allgemeiner Art sowie Durchführung spezieller Meß- und Forschungsaufgaben.

Die ATS-Satelliten werden in geostationäre Umlaufbahnen gebracht. Der erste Start erfolgte am 6. Dezember 1966. Seitdem wurden sechs ATS-Satelliten mit wechselndem Erfolg in Erdumlaufbahnen gebracht, deren wichtigste Daten in Tab. 1 zusammengefaßt sind. Der bemerkenswerteste Satellit dieser Serie ist zweifelsohne der jüngste, ATS-6 (1974-39 A), der am 30. 5. 1974 mit einer Titan 3 C-Rakete von Cap Canaveral aus gestartet wurde und eine Anfangsbahn mit den Daten Perigäum 35 770 km, Apogäum 35 800 km, Neigung 0,8°, Umlaufzeit 1436,0 Min. erreichte. ATS-6 zeichnet sich nicht nur durch die Komplexität seiner Ausrüstungen und seines Programms aus, sondern auch durch seine epochenmachenden Experimente nachrichtentechnischer Art, die die künftige Entwicklung der Nachrichtensatellitentechnik entscheidend beeinflussen werden.

1. Aufbau und Ausrüstungen des Satelliten ATS-6

ATS-6, dessen Start mit einer Verzögerung von rund einem Jahr erfolgte, ist mit einer Masse von 1402 kg der schwerste aller bisherigen ATS-Satelliten. Seine maximale Höhe beträgt 8,51 m, seine Spannweite im voll entfalteten Zustand im Orbit 16 m. Gestalt und Aussehen des Satelliten werden geprägt durch eine 9 m große Parabolantenne, an deren oberen Ende zwei etwa 5 m lange Ausleger befestigt sind, die je ein gekrümmtes Solarzellen-Panel tragen, während am unteren Ende über ein Fachwerk aus Graphitfaser-Rohren ein $13,7 \times 13,7 \times 16$ dm großer Kasten angebracht ist, der die Mehrzahl der Geräte und Ausrüstungen enthält.

Der für einen Nachrichtensatelliten bisher einmalige Reflektor von 9 m Durchmesser wurde eingesetzt, um am Erdboden eine so hohe Leistungsdichte der Signale zu erzeugen, daß ein Empfang der Fernsehsendungen mit geringstem Aufwand möglich ist. Der Reflektor bildet damit eine der wichtigsten technischen Grundlagen für die geplanten Experimente zum Bildungs- und Direktfernsehen. Er besteht aus einem Ring von 1,5 m Durchmesser, an dem 48 Rippen aus Aluminium befestigt sind. Sie dienen als Träger der als eigentlicher Reflektor dienenden kupferbeschichteten Dacronfolie. Die Konstruktion wird im zusammengefalteten Zustand gestartet. Im Erdborbit wird durch ein pyrotechnisches System ein Halteband gelöst, wonach sich der Schirm auf Grund der Federkraft der Alu-Rippen innerhalb von 2 sec voll entfaltet.

Die Send- und Empfangsanlage enthält 6 Empfänger und 9 Sender. Über die Sender ist die Abstrahlung von 20 verschiedenen Frequenzen im Bereich zwischen 136 MHz und 6 GHz möglich. Für experimentelle Untersuchungen sind darüber hinaus Frequenzabstrahlungen bis 30 GHz möglich. Zwischen den Sendern und Empfängern besteht wahlfreie Durchschaltmöglichkeit. Der Satellit ist dadurch in der Lage, gleiche Empfangsfrequenzen in unterschiedliche Sendefrequenzen umzuwandeln.

Die zum Betrieb von ATS-6 notwendige elektrische Leistung von 500 W wird durch 21600 Solarzellen geliefert, die auf Auslegern mit halbkreisförmigem Profil mit 20 m² Gesamtfläche so angebracht sind, daß eines der Panels ständig zur Sonne ausgerichtet ist. Mit dieser Anordnung hofft man, Instabilitäten des Satelliten als Folge des solaren Strahlungsdrucks auf großflächige Solarzellenausleger weitgehend auszugleichen. Die Stabilisierung des Satelliten ist auf Grund der geringen Öffnungswinkel der Antennenstrahlungskeule und des damit eng begrenzten Ausleuchtgebietes eines der technischen Hauptprobleme. Die 9-m-Antenne hat einen Öffnungswinkel von 0,8° bei 3 dB Abfall und einen solchen von 1,13° bei 6 dB Abfall. Die bisher kleinsten Öffnungswinkel von Nachrichtensatelliten-Antennen wurden bei Intelsat IV mit 4,5° angewandt. Um die sich daraus ableitenden Genauigkeitsanforderungen für die Stabilität des Satelliten einzuhalten, wurde bei ATS-6 ein neuartiges Stabilisierungssystem angewendet. Es basiert auf zwei digitalen und einem analogen Rechner an Bord des Satelliten, die vorprogrammiert sind und vom Boden her ständig neu programmiert werden können. Für alle drei Raumachsen sind Schwungräder vorhanden, deren Geschwindigkeit durch die Computer gesteuert wird, und zwar auf Grund von Meßgrößen der Raumlage des Satelliten, die von einem Dopplermessgerät sowie einem Radiointerferometer geliefert werden.

Die Mehrzahl der elektronischen Geräte ist im sog. „Earth Viewing Module“ (EVM) untergebracht, der über ein Fachwerk mit dem 9-m-Reflektor verbunden ist. Der EVM enthält die Sende- und Empfangsgeräte, Telemetrie- und Energieverteilungssysteme, die Korrekturtriebwerke, Hornantennen, Erdsensoren, erdorientierte Meßgeräte sowie das Fluglagekontrollsystem. Im EVM wird eine Temperatur von $25 \pm 15^\circ\text{C}$ aufrechterhalten. Zur Isolation besteht die Oberfläche des EVM aus 30 Schichten aluminisierter Mylarfolie sowie einer Spezial-Deckschicht. Die Nord- und Südseite tragen eine Wabenstruktur.

2. Das Aufgabenspektrum von ATS-6

Das umfangreiche Aufgabengebiet des Satelliten kann vier Komplexen zugeordnet werden: Weltraumphysikalische Messungen, Raumfahrttechnische Tests, Nachrichtentechnische Grundlagenuntersuchungen, Experimente zur Verbreitung von Bildungssendungen über Satelliten. Zu diesen einzelnen Komplexen bestehen folgende Hauptaufgaben und Experimente:

2.1. Weltraumphysikalische Messungen. Hier sind zu nennen:

- Das radiometrische Experiment, das speziell der Untersuchung der Lebensdauer und Dynamik von Gewitter- und Sturmgebieten sowie Wolkenfeldern dient. Hierzu befindet sich im EVM ein Radiometer für sichtbares und Infrarotes Licht, das mit einem 20-cm-Cassegrain-Teleskop arbeitet und ein Auflösungsvermögen von 5,5 km ergibt. Das Instrument liefert durchgängig mit 20 Minuten Abstand Bilder von etwa 20% der Erdoberfläche.
- Das strahlenphysikalische Experiment, das insbesondere der Untersuchung der Dynamik und Wechselwirkungen von Sonnenwind, Magnetosphäre, Ionosphärenstürmen und der Struktur der irdischen Strahlungsgürtel dient. Für dieses Experiment befinden sich im EVM acht Meßgeräte, vor allem für die solare kosmische Strahlung sowie die Elektronen- und Protonendichte in verschiedenen Energiebereichen.
- Das internationale Magnetosphäreninstrument, das auf der Basis eines weltweiten, internationalen Meßprogramms zur Untersuchung der globalen Dynamik des Erdmagnetfeldes und seiner Wechselwirkungen mit dem Sonnenwind dient. An dem Experiment beteiligen sich u. a. auch sowjetische Wissenschaftler.

2.2. Raumfahrttechnische Tests

Hier ist der Test zweier Zäsum-Ionentriebwerke hervorzuheben, die bei 150 W Leistungsbedarf einen Schub von 0,005 N ergeben und auf ihre Eignung für langfristig betriebsfähige Korrekturtriebwerke für Satelliten untersucht werden sollen. Die 16 kg schweren Triebwerke dienen für Lagekorrekturen des Satelliten in NS-Richtung.

2.3. Nachrichtentechnische Grundsatzuntersuchungen

Zu diesem Komplex sind folgende Experimente zu rechnen:

- Untersuchung der Eignung von Satelliten als Relais-sender und Navigationshilfen für Flugzeuge und Schiffe.

Dieses unter Beteiligung der ESRO ablaufende Experiment hat das Ziel, die Grundlagen für ein Ende dieses Jahrzehnts aufzubauendes globales Satellitensystem zu schaffen, das zur weltweiten Satellitennavigation im Luft- und Seeverkehr sowie zur Abwicklung des Funkverkehrs mit Flugzeugen im Millimeterwellenbereich dient. Damit sollen die heute im Luftverkehr verwendeten, relativ unsicheren Kurzwellenverbindungen ersetzt werden.

- Untersuchungen zum Einsatz von Synchronsatelliten als Datensammler und -übermittler sowie Ortungshilfen für tiefliegende Satelliten. Ziel dieses Experimentes ist es, die Grundlagen für ein geplantes Satellitensystem zu schaffen, bei dem zwei geostationäre Satelliten und eine geringe Anzahl von Bodenstationen den gesamten Datenaustausch mit Forschungs-, Meß- und Überwachungssatelliten in irdischen Umlaufbahnen übernehmen. Für die Experimente werden die Satelliten Nimbus 6 und Geos 3 verwendet.
- Untersuchungen zur Eignung von Frequenzbereichen oberhalb des bis heute ausschließlich benutzten Gebietes bis zu 10 GHz für Nachrichtensatellitendienste. Untersucht werden Frequenzen in den Bereichen 13 bis 18 GHz und 25–30 GHz. In letzterem besitzt ATS-6 vier Sender. Im ersten genannten Bereich senden 24 Bodenstationen in verschiedenen meteorologischen und klimatischen typischen Gebieten der USA 39 verschiedene Frequenzen mit manuell ausrichtbaren Antennen zum Satelliten, der sie auf 4,15 GHz umsetzt und zur Andover-Bodenstation zurückstrahlt. Ziel dieser Experimente ist insbesondere die Untersuchung des Einflusses meteorologisch-klimatischer Bedingungen und Fakten auf den Funkverkehr in diesen Bereichen.
- Untersuchung der Störungen des Satellitenfunkverkehrs im 6 GHz-Bereich durch gleichzeitig in diesem Bereich betriebene terrestrische Mikrowellensender. Durch eine rasterförmige Abtastung des USA-Territoriums vom Satelliten aus soll es gelingen, Störsender in einem 16-km-Umkreis zu lokalisieren.

2.4. Experimente zur Verbreitung von Bildungssendungen über Nachrichtensatelliten

Diese Experimente sind zweifelsohne der spektakulärste Teil des ATS-6-Programms. Sie finden sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der internationalen Fachwelt größtes Interesse. Es handelt sich hierbei um die bisher ersten, großangelegten Experimente zum Bildungsfernsehen über Satelliten. Mit den Sendungen sollen vor allem abgelegene, wenig besiedelte und bisher unterentwickelte Gebiete erreicht werden, wie sie in den USA z. B. in Alaska und den Rocky Mountains bestehen. Auf Grund der hohen Leistungsfähigkeit des Satelliten genügen zum Empfang einfache Bodenstationen, deren Aufwand im wesentlichen dem eines normalen Fernsehgerätes entspricht, das als Zusatzgeräte einen Frequenzkonverter und eine leistungsfähige Richtantenne erfordert. Die Kosten derartiger Anlagen belaufen sich auf etwa 4000 Dollar. Da die Sendungen vorwiegend in Gebiete abgestrahlt werden, in denen mehrere Sprachen und Dialekte bestehen, kann ATS-6 ein Fernsehprogramm mit achtsprachigem Begleitton oder zwei

Tabelle 1: Daten der bisher gestarteten ATS-Satelliten

Satellit	Astronom. Bezeichnung	Start	Lebens- dauer	Masse kg	Bahndaten hp km	ha km	i °	Tu h/Min.	Bemerkungen
ATS 1	1966–110 A	7. 12. 66	∞	350	35825	35890	0,23	24/36	
ATS 2	1967–31 A	6. 4. 67	2. 9. 69	370	185	11100	28,40	3/39	vorgesehene Bahn nicht erreicht
ATS 3	1967–111 A	5. 11. 67	∞	365	35790	36130	0,53	24/05	
ATS 4	1968–68 A	10. 8. 68	17. 10. 68	392	218	778	29,03	1/35	vorgesehene Bahn nicht erreicht
ATS 5	1969–69 A	12. 8. 69	∞	433	35760	36895	2,6	24/24	eingeschränktes Programm wegen techn. Fehler
ATS 6	1974–39 A	30. 5. 74	∞	1402	35770	35800	0,8	23/56	

Fernsehprogramme mit jeweils viersprachigem Begleiton abstrahlen. Der Zuschauer hat dann die Möglichkeit der Auswahl „seiner“ Sprache.
ATS-6 ermöglicht schließlich Dialogfernsehen im Real-Time-

Betrieb, zum Teil bei gleichzeitiger Nutzung von ATS-1, wodurch die Möglichkeit der Fragestellung und des seminaristischen Unterrichts im Rahmen der Sendungen gegeben ist.

Das Gesamtprogramm umfaßt zunächst zwei Etappen:

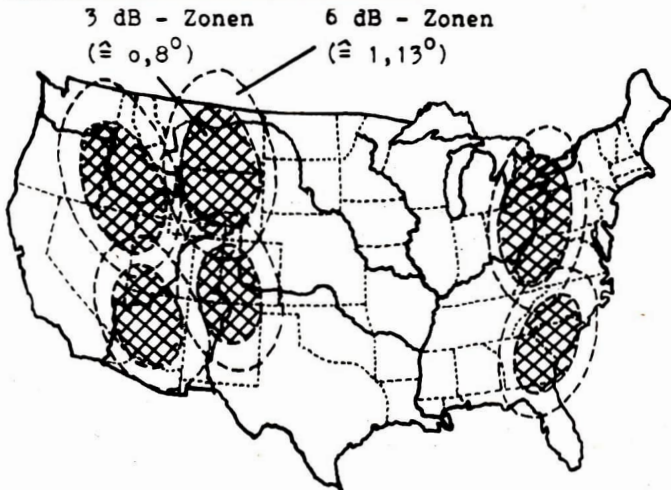
- In der ersten Etappe erfolgt die Ausstrahlung von Bildungssendungen für verschiedene Gebiete der USA. Diese Etappe begann am 3. Juli 1974 und wird etwa 1 Jahr dauern. Der Satellit befindet sich dabei im geostationären Orbit bei 94° wL.
- In der 2. Etappe steht der Satellit der indischen Regierung für die gleichen Zwecke zur Verfügung. Dazu wird er Mitte 1975 in eine geostationäre Position über dem Victoria-See in Kenia gebracht. Auch diese Experimente werden etwa 1 Jahr dauern.

Im Rahmen dieses zweijährigen Programms werden im einzelnen folgende Experimente durchgeführt:

2.4.1. Die amerikanischen Bildungssendungen

- Das Rocky-Mountains-Programm. Die Rocky-Mountains-Staaten gehören zu den unterentwickeltesten Gebieten der USA. In teilweise weit voneinander entfernten Gebieten mit Ghettocharakter leben hier zahlreiche mexikanische Emigranten und Indianer, die oft von der Umwelt weitgehend isoliert sind und für die es teilweise weder regelmäßige Informations- noch Bildungsmöglichkeiten gibt. In 68 abgelegenen Ortschaften dieses Gebietes wurden deshalb Empfangsstationen und regionale TV-Stationen zum Empfang der ATS-6-Sendungen errichtet. Zur Ausstrahlung gelangt täglich ein 35-Minuten-Programm vorwiegend über Berufsberatung. 24 Stationen verfügen über Sender, über die über den Satelliten mit einer Zentrale seminaristische Veranstaltungen möglich sind. Gleichzeitig können mit ihrer Hilfe durch die Lehrer der betreffenden Orte aus einem zentralen Speicher 300 dort gespeicherte Kurse über Naturwissenschaft, Kunst, Geschichte u. a. über den Satelliten abgefordert und auf eigene Videospeichergeräte zur späteren Verwendung im Unterricht überspielt werden.
- Das Appalachia-Programm. Auch das Gebiet der Appalachen gehört in den USA zu den unterentwickelten Regionen. Bei den hierfür zur Ausstrahlung kommenden Bildungsprogrammen handelt es sich um von der Universität von Kentucky zusammengestellte Fortbildungsprogramme für Allgemeinsektorenlehrer, die vorwiegend Berufsberatung und Unterrichtsmethodik beinhalten. An den als Vorlesungen, Seminaren und programmierten Lektionen durchgeführten Kursen nehmen etwa 600 „registrierte“ Lehrer teil, die über Sendestationen oder das öffentliche Telefonnetz dem zentralen Studio über die Anwendung der Methoden in ihrem Unterricht und dabei gesammelte Erfahrungen berichten müssen.
- Das Alaska-Programm. Alaska umfaßt eine Fläche von etwa 1,5 Mio km², auf der es 265 Siedlungen gibt. Auf Grund der Bevölkerungsstruktur werden einige Dutzend Sprachen und Dialekte gesprochen. Die über ATS-6 ausgestrahlten Bildungssendungen sprechen vorwiegend Indianer und Eskimos an. Die Programme werden mit einem achtsprachigen

Abb. 2: Mögliche Ausleuchtgebiete der USA durch ATS-6 bei einer Synchronposition von 94° w.L. (Gleichzeitig kann jeweils ein in Nord-Süd-Richtung gelegenes Zonenpaar ausgeleuchtet werden).



Begleiten ausgestrahlt. Für das Experiment wurden 18 Sende- und Empfangsstationen aufgestellt. Alle Teilnehmer können dadurch mit dem Lehrer im zentralen Studio Real-Time-Dialoge führen, wobei für den Übertragungsweg Teilnehmer-Lehrer ATS-1 als Relaisatellit dient. Die zur Ausstrahlung kommenden Programme dienen der Schüler- (Sprachen, Hygiene) und Erwachsenenqualifizierung (aktuelle Thematiken, Hygiene, Medizin). Daneben werden auf diesem Wege normale Rundfunk- und Fernsehprogramme übermittelt.

- Programme zur medizinischen Fortbildung und Ferndiagnose in Alaska. Hierbei geht es besonders darum, die medizinische Betreuung der Bevölkerung Alaskas zu verbessern. Von zunächst 2 kleinen Bodenstationen der Kliniken Fort Yukon und Galena aus ist es möglich, über ATS-6 Krankheitsbilder und -geschichten an Spezialisten in verschiedenen Orten zwecks Ferndiagnose zu übermitteln oder vorhandene Krankheitshistorien von Patienten über ATS-1 von einem Zentralspeicher in Tucson abzurufen. Ferner werden zu den Universitäten Alaskas, die keine medizinischen Fakultäten besitzen, über ATS-6 Kurse für die studentische Ausbildung übermittelt. Das Programm kommt von der Universität von Seattle und wird ebenfalls im Dialogbetrieb abgewickelt. So können die Studenten in Alaska den Lehrkräften in Seattle Bilder ihrer Patienten, Detailaufnahmen von Krankheitsherden, Krankengeschichten u. a. als Basis für seminarelastische Diskussionen übermitteln.

2.4.2. Das indische SITE-Experiment. (SITE ist die Abk. für Satellite Instructional Television Experiment). Nach Abschluß der zunächst einjährigen USA-Experimente wird ATS-6 entlang der Synchronbahn über den indischen Subkontinent verschoben, wo er der indischen Regierung für die Durchführung eines lang vorbereiteten Bildungsexperimentes zur Verfügung steht. Die indische Regierung erhofft sich vom Einsatz der Mittel der Raumfahrt entscheidende Impulse zur Beseitigung des Analphabetentums und der Bildungsmissere im Lande.

Z. Zt. sind noch etwa 70% der rund 570 Mio Einwohner Indiens Analphabeten. 500 Mio Bewohner leben auf etwa 600 000 Dörfern verstreut, von denen nur ein Sechstel über eine öffentliche Energieversorgung verfügt. In Gesamtindien werden etwa 120 verschiedene Sprachen und Dialekte gesprochen. Für die unbedingt notwendige weitere wirtschaftliche Entwicklung des Landes ist das Analphabetentum und das geringe Bildungsniveau heute eines der Haupthindernisse.

Unter diesen Bedingungen ermittelten indische Wissenschaftler auf Grund von Studien und Experimenten unter verschiedenen möglichen Wegen die Verbreitung von Bildung über Fernsehsender als ökonomischste Variante der Bildungsvermittlung und des Kampfes gegen Analphabetentum, dessen echte Vorteile bei der im Land bestehenden Situation dann voll zur Geltung kommen, wenn durch Einsatz von Satelliten zur Programmverteilung das gesamte Territorium praktisch sofort erschlossen ist. Der Aufbau der notwendigen terrestrischen Übertragungsstrecken würde noch viele Jahre in Anspruch nehmen und den Erfolg nicht mit dem wirtschaftlich notwendigen Tempo sichern.

Für das SITE-Experiment werden zunächst 5000 Dörfer mit TV-Empfängern für den Gemeinschaftsempfang versorgt. Etwa 50% davon empfangen mit ebenfalls vom Staat bereitgestellten Stationen die Signale vom Satelliten direkt. Die Stationen verfügen über 2–3 m große Drahtgeflechsentennen, ihre Kosten liegen bei 600 Dollar. Die restlichen 50% erhalten die Programme von Regionalsendern, die die Satellitensignale in einen der üblichen TV-Kanäle umsetzen und für ein begrenztes Gebiet zur Ausstrahlung bringen. Ausgestrahlt wird ein Fernsehprogramm mit 2 Begleitsprachen (Hindi und jeweils die Lokalsprache). Die zentrale Sendestation von All India Radio befindet sich in Ahmedabad. Das täglich für 4 bis 10 Stunden vorgesehene Bildungsprogramm umfaßt:

- vormittags Lese- und Schreibunterricht bis zu 4 Stunden
- nachmittags Fachunterricht vor allem über agrarwirtschaftliche und agrartechnische Fragen bis zu 2 Stunden
- abends Sendungen über Hygiene-, Gesundheits- und Ernährungsprobleme (1 Stunde), danach allgemeine Bildungs- und Unterhaltungssendungen.

Ausgehend von den Ergebnissen dieses Experiments planen indische Wissenschaftler für etwa 1978 den Einsatz eigener Bildungssatelliten. Den Ergebnissen wird besonders auch in Afrika und Südamerika mit Interesse entgegengesehen, wo ähnliche Pläne bestehen.

Aus der Literatur

Raketentrümmer stürzten in den Nordatlantik

Am 11. Januar 1975 stürzte die zweite Stufe der amerikanischen Saturnrakete, die im Mai 1973 die Raumstation SKYLAB (1973-27A) in eine Erdumlaufbahn gebracht hatte, in den Nordatlantik. Gegen 8 Uhr WZ waren die Trümmer der Raketenstufe in der Nähe der Azoren zur Erde zurückgekehrt. Irrtümlicherweise hatte die NASA bereits am Morgen des 11. Januar gemeldet, daß die Raketentrümmer im Indischen Ozean niedergegangen seien. Sie waren aber an den dichteren Luftschichten wie ein flach auf das Wasser geworfener Stein abgeprallt und hatten dabei die Erde noch fast einmal vollständig umkreist. Den Absturz der Raumstation SKYLAB erwartet man nicht vor 1981. Da nicht wie bei den sowjetischen SALUT-Stationen ein kontrolliertes Abstürzen herbeigeführt werden kann, ist der Ort des Aufschlags der Trümmer von SKYLAB nicht vorausbestimmbar.

Aus: „Flieger-Revue“ 4/75.

Zwei Polsequenzen zur Bestimmung der Grenzgröße und des Auflösungsvermögens von Fernrohren

In der populärwissenschaftlichen Zeitschrift der slowakischen Amateurastronomen KOZMOS 1/1975, S. 20–21, beschäftigt sich Dr. I. Zajonc in einem Beitrag mit den optischen Eigenschaften astronomischer Fernrohre. Für die Prüfung der Fernrohrqualitäten werden vielfach Polsequenzen (Nordpolsequenzen) benutzt, um damit die Leistungsgrenzen eines Fernrohrs bestimmen zu können. Der Artikel enthält 2 Abbildungen zur Ermittlung der noch sichtbaren Größenklassen sowie für das Auflösungsvermögen.

Az.

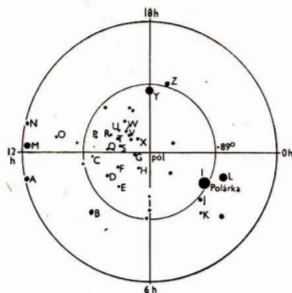


Abb. 1: Sternkarte der nördlichen Polsequenz bis zu zwei Grad Polabstand (Polárka = Polarstern). Die Sterne und deren Größenklassen sind in Tab. 1 angeführt.

Tabelle 1:

Stern	m	Stern	m
A	10,0	M	6,2
B	7,5	N	7,6
C	7,1	O	8,6
D	9,6	P	9,8
E	9,8	Q	10,7
F	9,3	R	10,4
G	10,5	S	10,1
H	9,0	T	9,9
I	2,1	U	10,5
J	8,1	V	11,9
K	8,8	Y	6,4
L	6,5	Z	8,3

Mittelalterliches arabisches Manuskript „Buch der Bewegung der Planeten“ entdeckt

Vier Manuskripte des arabischen Gelehrten Ibn Al-Halitham (lat. Alhazen), der Ende des zehnten, Anfang des elften Jahrhunderts in Kairo lebte und wirkte, wurden in der Gebietsbibliothek von Kulbyschew an der Wolga entdeckt. Die Manuskripte – nach Expertenansagen eine bisher völlig unbekannte und drei nur dem Namen nach bekannte Abhandlungen dieses größten Physikers des Mittelalters – stammen vermutlich aus einer der Sammlungen tatarischer Mosechen und hatten lange Zeit im Archiv der Bibliothek gelegen, in der rund 13000 Bände seltener Ausgaben, darunter 300 Handschriften, aufbewahrt werden. Bei dem bislang völlig unbekannten Werk handelt es sich um das „Buch über die Form der Bewegung jedes der sieben Planeten“.

Ibn Al-Halitham schrieb zahlreiche mathematische, astronomische, medizinische und naturphilosophische Abhandlungen. Sein Hauptinteresse galt jedoch der Optik. Seine „Große Optik“ (Kitab Al-Manazir) blieb bis hin zu Kepler in der wissenschaftlichen Welt maßgeblich.

Aus: ND 24./25. 5. 75

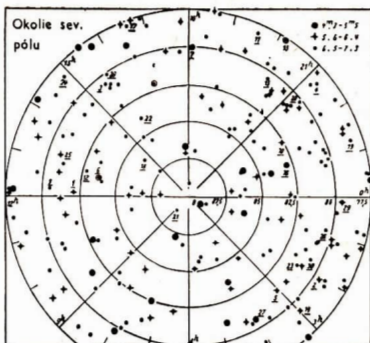


Abb. 2: Karte von 30° Doppelsternen bis zu 22,5 Grad Polabstand. Die Einzelheiten sind in Tab. 2 zusammengefaßt.

Tabelle 3: Übersicht über den Gewinn an Größenklassen (m) bei verschiedenen Objektdurchmessern (D)

D in mm	30	40	50	60	70	80	90	100
Gewinn an Größenklassen m	2,8	3,5	4,0	4,4	4,7	5,0	5,3	5,5

Tabelle 2: Übersicht über die Doppelsterne in der Umgebung des nördlichen Himmelspols mit verschiedenen Entfernungen der einzelnen Komponenten.

Nr.	Größenklassen der Komponenten	Abstand in "
1	6,5 – 8,5	67
2	6,5 – 7,1	54
3	6,9 – 7,7	31
4	7,2 – 10	26
5	6,0 – 10	24
6	5,3 – 6,8	21,6
7	5,8 – 6,2	19,2
8	2,1 – 9,1	18,4
9	7,3 – 7,8	14,4
10	7,0 – 7,5	13,7
11	7,6 – 8,3	11,3
12	6,9 – 11	10,5
13	4,4 – 8,4	7,4
14	5,8 – 9,0	4,6
15	6,8 – 11	4,0
16	5,0 – 9,7	3,5
17	6,1 – 9,4	2,9
18	7,0 – 10,0	2,4
19	7,5 – 9,3	2,3
20	7,8 – 8,5	2,0
21	7,1 – 10	1,7
22	7,6 – 8,1	1,4
23	6,9 – 9,1	1,2
24	6,5 – 10	1,2
25	6,3 – 10	1,0
26	8,0 – 8,0	0,9
27	5,7 – 6,4	0,9
28	7,4 – 8,2	0,7
29	6,8 – 7,1	0,5
30	7,8 – 8,1	0,3

Satelliten für direkte Fernsehübertragung

Vielach wurden in der letzten Zeit Methoden, Fernsehprogramme über größere Gebiete zu verbreiten, untersucht mit dem Ergebnis, daß die Direktendung über spezielle Satelliten die wirtschaftlichste sein kann. Bei einem diesbezüglichen Satelliten müßte die Sendestärke um eine Größenordnung höher liegen, als bei bereits vorhandenen oder geplanten Modellen (INTELSAT, SYMPHONIE).

Der erste Vertreter dieser neuen Generation wurde in Kanada und USA gemeinsam entwickelt mit dem Ziel, die weiten, fernsehtechnisch noch nicht erschlossenen Gebiete Kanadas mit Programmen zu versorgen. Aber nicht nur für die Versorgung großflächiger Gebiete können diese Satelliten eingesetzt werden, sie sind auch im europäischen Bereich in einem nationalen Rahmen denkbar. So stößt zum Beispiel innerhalb der BRD die Einführung neuer Fernsehprogramme auf große Schwierigkeiten, die mit der begrenzten Anzahl von Übertragungskanälen in den VHF- und UHF-Bereichen zusammenhängt. Weitere Programme erfordern daher den Ausbau eines Kabelfernsehnetzes, um Interferenzerscheinungen zwischen den Programmen auszuschließen. Das Kabelnetz ist aber besonders kostenintensiv. Zur Verfügung stünde weiter auch der 12-GHz-Bereich. Hier erfolgt die Wellenausbreitung weitgehend nach optischen Gesetzen, so daß bei einer terrestrischen Senderkette erhebliche Beeinträchtigungen des Empfangs infolge von Abschattung und Vielfachreflexionen vorhanden sind.

Diese Nachteile können durch Ausstrahlung von einem Satelliten vermieden werden. Für 1980 ist für die BRD der Start eines solchen Satelliten geplant. Die tägliche Sendezeit soll bis 1.00 Uhr nachts dauern. Der Satellit soll über dem Punkt 10° W und 55° N stationiert werden, da von hier aus mit ellipsenförmigen Senderkeulen das gesamte deutschsprachige Gebiet ausgeleuchtet werden kann.

Nach: Naturw. Rdsch. 1/1975.

Kohlenmonoxid in anderen Galaxien

Erstmals haben zwei Astrophysiker der Universität Chicago Kohlenmonoxid außerhalb der Milchstraße entdeckt. Das Gas wurde am Observatorium Kitt Peak in Arizona in den entfernten Milchstraßen M 82 und NGC 253 festgestellt. In beiden Milchstraßen ereignen sich heftige Explosionen, durch die Gase und Staub mit einer Geschwindigkeit von über 1,5 Millionen Kilometer pro Stunde herausgeschleudert werden. In unserer Galaxis wurde Kohlenmonoxid als Bestandteil des interstellaren Gases bereits 1970 identifiziert.

Aus: BZ 12./13. 4. 75

Das Magnetfeld von Jupiter

Der nahe Vorbeiflug der Sonde Pioneer 11 am Jupiter im Dezember 1974 lieferte einen neuen wichtigen Beitrag zur Erforschung des Planetensystems. Die Sonde näherte sich Jupiter bis auf 0,6 Jupiter-Radien.

Erdgebundene Untersuchungen der Radiostrahlung des Jupiter legten dessen Magnetfeld als Dipolfeld nahe, mit einer Achsenneigung von 10° gegen die Rotationsachse des Planeten. Im cm-Bereich (Synchrotronstrahlung) wie auch in Meterwellen-Bereichen deuteten Asymmetrien der Radioemission auf Feinstrukturen hin, die dem Dipolfeld im Abstand von 1–2 Jupiter-Radien überlagert sind. Entsprechende Messungen von Pioneer 10 bestätigten den Dipolcharakter für Entfernungen größer als 2,8 Jupiter-Radien.

Die größere Annäherung von Pioneer 11 an Jupiter erlaubt nun auch eine detaillierte Untersuchung des inneren Bereiches. Dieser Teil zeigt eine äußerst komplexe Struktur. Zur Beschreibung der Beobachtung verwendet man ein Oktupolfeld. Auffällig ist die Asymmetrie der Polfeldstärke (am Nordpol 28 Gauß und am Südpol nur 16 Gauß). Der magnetische Äquator innerhalb von 2 Jupiter-Radien ist stark deformiert und gegen den Rotationsäquator geneigt.

Bz.

Sonnenflecken und Landwirtschaft

Wissenschaftler am Appleton Laboratorium in England sind der Ansicht, daß der gegenwärtig niedrige Stand der Welternährungsmittelreserven mit dem Abfall der Sonnenaktivität in den letzten Jahren zusammenhängen könnte. Die Sonnenfleckenzyklen scheinen wegen ihrer Auswirkung auf Temperatur und Niederschlagsmenge die landwirtschaftlichen Erträge in einigen Teilen der Erde zu beeinflussen. Schwankungen um 10–50% in der Weizenproduktion Chinas, der USA und der SU sind mit den Sonnenfleckenzyklen korreliert.

Bz.

III. Kameras

1. Ansatzkamera für Mond- und Planetenaufnahmen
2. Amateur-Astro-Kamera 56/250
3. Astro-Kamera 60/270

IV. Stativ, Montierungen

1. Dreibeinestativ
2. Säulenstativ
3. Parallaxische Montierung T
4. Parallaxische Montierung Ib

V. Diverse Zubehör- und Ergänzungsliste

1. Zenitprisma
2. 5fach-Okularrevolver
3. 4fach-Okularrevolver (für TELEMENTOR)
4. Prismenumkehrsatz
5. Farbglasrevolver

6. Okularspektroskop

7. NG-Filterersatz
8. Marsglas
9. Sonnenglas
10. Mondglas, hell
11. Mondglas, dunkel
12. Okularsteckhülse
13. Sonnenfilter für 80/1200
14. Sonnenfilter für 100/1000
15. Sonnenfilter für TELEMENTOR
16. Einsteillfassung (TELEMENTOR)
17. Okularauszug 80/1200
18. Barlow-Linse 1,3
19. Strichkreuzelnätze
20. Ringmikrometer
21. Kassetten für AAK 56/250
22. Okularschraubennikrometer
23. Dunkelfeldbeleuchtung

Merkurmagnetfeld ein historisches Relikt?

Das Magnetfeld des Merkur ist fest mit der inneren Struktur des Planeten verbunden. Es handelt sich dabei nicht um ein Phänomen, das durch den von der Sonne ausgehenden Teilchenstrom, den Sonnenwind, hervorgerufen wird. Das hat — nach offiziellen Angaben aus dem US-amerikanischen Goddard-Raumfahrtzentrum in Greenbelt/Maryland — die Auswertung der von der Forschungssonde „Mariner 10“ übermittelten Daten ergeben. Die Sonde war am 17. März dieses Jahres zum drittenmal am Merkur vorbeigeflogen.

Das Merkur-Magnetfeld war bei der ersten Begegnung der Sonde mit dem Merkur vor einem Jahr entdeckt worden. Da sich der Planet nur sehr langsam um seine Achse dreht, gilt es als unwahrscheinlich, daß das Feld — wie bei der Erde — durch Strömungen im Inneren hervorgerufen wird. In einem früheren Entwicklungsstadium kann ein solcher Mechanismus aber sehr gut möglich gewesen sein. Vermutlich ist dadurch dem Planeten eine globale Magnetisierung aufgeprägt worden, die auch, nachdem die inneren Strömungen zum Stillstand kamen, erhalten blieb und heute noch als Magnetisierungsrelikte nachweisbar ist.

Aus: ND 12./13. 4. 75

EVP 1,50 M
PPV 31052

Neues vom Olympus Mons

Der Vulkan Olympus Mons ist ohne Zweifel eines der interessantesten Objekte auf der Oberfläche des Mars. Dies gründet sich sowohl auf seine große Höhe, etwa 22 km, als auch auf seine beträchtliche lineare Ausdehnung. Auf einer kreisförmigen, zur Mitte sanft ansteigenden Hochfläche von etwa 600 km Durchmesser erhebt sich der eigentliche Kegel mit etwa 90 km Durchmesser. Die Hochfläche fällt am Rande ungefähr 2 km ziemlich abrupt zur Umgebung hin ab. Dieses Phänomen taucht bei keinem anderen Marsvulkan auf.

King und Riehl vertreten die Hypothese, daß die äußeren Regionen überwiegend aus Tuff bestehen. Der Tuff hat sich aus abgelagertem Aschenregen, der mit einem Vulkanausbruch eingehergelt, gebildet. Je weiter die Asche vom Ursprung weggetragen wird, um so stärker kühlt sie sich ab. Dies hat zur Folge, daß die Porosität des Gesteins um so größer ist, je mehr der Abstand von der Quelle zunimmt. Die Wissenschaftler nehmen an, daß die Ausdehnung der Ascheschichten früher viel größer war, jedoch die äußeren, sehr porösen Teile langsam aber Erosion durch Wind evtl. auch Wasser abgetragen wurden. Je kompakter und dicker die Schicht nach innen hin wurde, um so langsamer kam die Erosion voran, wodurch die kreisförmige Gestalt der steilen Böschung am Rande sehr gut erklärt wird.

Bz.

Fortsetzung ZFA-Vorhaben

Der Tagungsort liegt noch nicht fest: er wird den Fachgruppen jedoch rechtzeitig mitgeteilt. Einladungen sind über die Fachgruppen Astronomie des Kulturbundes der DDR erhältlich. Amateurastronomen, die ohne Bindung an eine Fachgruppe arbeiten und an der Teilnahme interessiert sind, wenden sich bitte bis spätestens 10. 9. 1975 formlos an den Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie, 104 Berlin, Hessische Straße 11-12. Sternfreunde, die über Erfahrung auf dem Gebiet „Spezielle Instrumente und Arbeitsverfahren“ berichten können, werden gebeten, sich in einem Kurzvortrag (10 Minuten) zu Wort zu melden und ihre Instrumente oder Arbeitsergebnisse in einer kleinen Ausstellung vorzustellen. Der ZFA Astronomie bittet um Meldungen für Kurzvorträge (Thema angeben!) und um Anmeldung von Exponaten für die Ausstellung ebenfalls bis spätestens 10. 9. 1975. Gemeinsames Anliegen des Zentralen Fachausschusses Astronomie und des Bezirksfachausschusses Astronomie Potsdam ist eine Festveranstaltung aus Anlaß des 100. Geburtstages des Arbeiterschriftstellers und Astronomen Bruno H. Bürgel am 15. und 16. November in Potsdam. Ein Kolloquium über Leben und Werk Bürgels wird sich anschließen. Zu dieser Veranstaltung wird ebenfalls über die Fachgruppen Astronomie eingeladen.

Li.

Unsere Autoren:

Dr. Ludwig Kühn, 69 Jena, Schillergäßchen 2
Dr. E. Hantzschke, 1157 Berlin
Jürgen Rendtel, 15 Potsdam
H.-J. Blasberg, 8053 Dresden, Tolkwitzer Str. 44
Edgar Otto sen. 728 Eilenburg, Sternwarte
Heinz Albert (siehe Impressum)
C. P. Renschen, St. Ziemer, 8122 Radebeul
Dietmar Kitta, 88 Zittau, Willi-Gall-Str. 25
Hartmut Urbanski, 1166 Berlin, Mönchsheimer Str. 34
H. D. Naumann, Radeberg
Hartmut Rölling, 1502 Potsdam, Hubertusdamm 23

5¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Sterne mit ausgedehnten Atmosphären und Hüllen · Dr. J. Gürtler	129
Ergebnisse der Erforschung Jupiters durch Pioneer 10 · Karl-Heinz Neumann	143

Bildseiten

Jupiteraufnahmen durch Pioneer 10 und Aufnahmen der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11	I–IV
--	------

Amateure beobachten und berichten

Bemerkungen zum Beitrag „Jupiter 1974“, Heft 4/75 · H. Albert, H.-J. Blasberg	148
Ein Leben für die astronomische Volksbildung. Zur 100. Wiederkehr des Geburtstages von Bruno Hans Bürgel · Arnold Zenkert	149
Betrachtungsgerät für astronomische Umgebungskarten in Dia-Form (BAUD) · Peter Wolff, Jochim Nernn	154
Fotografische Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 · Hans D. Greissner	157
Der Große Rote Fleck 1974 · Dr. Paul Ahnert	158

Aus der Literatur

Die Evolution der Sterne	159
Nachts am Fernrohr	160

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Erfahrungsaustausch der FG Astronomie im Bezirk Leipzig	3. Umschlagseite
Die Arbeit der FG Astronomie Schwerin Stadt	4. Umschlagseite

Redaktionschluß: 25. 7. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 9061 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium. O.L. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17; Bernd Zill, Pionier- und Volksternwarte, 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 422 97 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

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

Sterne mit ausgedehnten Atmosphären und Hüllen

Dr. J. GÜRTLER

Die Physik der Sternhüllen steckt noch in den Anfängen. Es ist daher heute schwierig, wenn nicht unmöglich, eine befriedigende Einteilung in natürliche Gruppen vorzunehmen. Dieser Beitrag soll deshalb nur einen Überblick über die bisher beobachtete Vielfalt geben. Es wird keine Vollständigkeit angestrebt. Einige Gruppen (z. B. Novae, Supernovae, Pulsare u. a.) werden bewußt weggelassen, andere Sterntypen nur kurz erwähnt.

I. Einleitung

Diejenigen äußeren Schichten der Sonne oder eines Sterns, aus denen unmittelbar Strahlung in den Weltraum gelangt, nennt man Atmosphäre. Sie besitzt im allgemeinen eine verglichen mit dem Sterndurchmesser winzige Ausdehnung. Denken wir an unsere Sonne: Sie ist für uns am Himmel eine scharf begrenzte Scheibe, weil die Dicke der Schicht, die das Sonnenlicht ausstrahlt, unter einem sehr kleinen Winkel, d. h. als scharfe Kante, erscheint.

Die Lichtausstrahlung der Sonne und der meisten Sterne bleibt über längere Zeiträume so gut wie unverändert. Das bedeutet, daß sich die Atmosphären dieser Himmelskörper in einem unveränderlichen Zustand befinden müssen; alle Vorgänge müssen in einem bestimmten Gleichgewicht stehen. Aussagen über den Zustand in der Sternatmosphäre erlangen wir aus der Untersuchung des Sternspektrums. Es ist ein Absorptionsspektrum, d. h. es zeigt auf einem hellen Untergrund dunkle Linien. Der genaue Verlauf der Intensität im Kontinuum und welche Linien auftreten, hängt vom physikalischen Zustand sowie von der chemischen Zusammensetzung des Atmosphären-gases ab. Man kann die beobachteten Sternspektren verstehen, wenn man für die Atmosphären folgende Bedingungen als erfüllt voraussetzt:

- (1) Das Gas befindet sich im hydrodynamischen Gleichgewicht, d. h. es treten keine größeren Strömungen auf.
- (2) Das Gas nimmt Energie ausschließlich in Form von Strahlung auf und gibt sie in gleicher Form wieder ab; Wärmeleitung und Konvektion spielen keine Rolle. Es herrscht also Strahlungsgleichgewicht.

Bei Sonnenfinsternissen beobachtet man nun aber, daß oberhalb des Sonnenrandes, also oberhalb der Photosphäre, ein stark verdünntes heißes Gas vorhanden ist, das zwei weitere Schichten der Sonnenatmosphäre, Chromosphäre und Korona, bildet. Ihre Spektren sind völlig von dem der Photosphäre verschieden. Es herrschen jetzt die Emissionslinien vor. Außerdem kommt aus der Korona die Radiostahlung der Sonne. Das Vorhandensein von Chromosphäre und Korona beweist, daß ein Teil der Energie die Photosphäre in anderer Form als durch Strahlung verläßt. Im Falle der Sonne denkt man besonders an Schallwellen, die in die Korona hineinlaufen und dort ihre Energie abgeben, indem sie das Gas auf Temperaturen von über einer Million Kelvin aufheizen.

Daß wir im normalen Sonnenspektrum von dem Gas oberhalb der Photosphäre kaum etwas merken, erklärt sich daraus, daß der Energieanteil, der nicht in Form von Strahlung die Sonnenoberfläche durchstößt, gering ist. Das braucht bei anderen Sternen nicht der Fall zu sein. In der Tat gibt es in den Spektren zahlreicher Sterne, die in unterschiedlichen Gebieten des Hertzsprung-Russell-Diagramms liegen, Erscheinungen, die sich nur unter der Annahme verstehen lassen, daß oberhalb der Photosphären (wo das Absorptionslinienspektrum entsteht) beträchtliche Gasmengen vorhanden sind.

Wir wollen jetzt abgrenzen, was im folgenden unter ausgedehnter Atmosphäre bzw. Hülle (wir werden die letztere Bezeichnung der Kürze halber vorziehen) verstanden werden soll. Wir wollen unter diesem Begriff all jene Materie (Gas und, wie wir sehen werden, tritt in bestimmten Fällen auch Staub auf) zusammenfassen, die sich oberhalb der Photosphäre, d. h. in jenen Schichten befindet, aus der der überwiegende Teil des optisch beobachtbaren Lichtes stammt, die aber andererseits dem Stern so nahe ist, daß sie optisch nicht von ihm getrennt werden kann, also nicht als Nebelchen erscheint. Diese Begriffsbestimmung ist sehr allgemein und rein phänomenologisch. Sie umfaßt eine Vielzahl von Hüllentypen, die ihrem physikalischen Zustand und ihrer Entstehungsart nach sehr unterschiedlich sind.

Grundsätzlich können sich Hüllen dadurch bemerkbar machen, daß sie

- (1) zusätzliche Strahlung zum Sternlicht liefern (Emissionslinien; zusätzliche kontinuierliche Strahlung äußert sich in Farbexzessen),

- (2) das Sternlicht absorbieren (Absorptionslinien; kontinuierliche Absorption),
- (3) das Sternlicht polarisieren.

Man kann die Sterntypen, bei denen Hüllen festgestellt wurden, grob in vier Gruppen einteilen, wobei die Zuordnung nicht in jedem Fall feststeht bzw. eindeutig ist:

- a) Sterne frühen Spektraltyps (O- und B-Sterne), die auf, oder häufig über der Hauptreihe liegen.
- b) Sterne späten Spektraltyps (K- und M-, bzw. R- und N-Sterne) mit hoher Leuchtkraft (Riesen und Überriesen). Sie sind oft Veränderliche vom Typ Mira Ceti.
- c) Junge Sterne kurz vor oder nach dem Erreichen der Hauptreihe (z. B. T-Tauri-Sterne).
- d) Enge Doppelsterne, z. B. β -Lyrae-Sterne, Röntgensterne vom Typ HZ Herculis (Her X-1).

II. Hüllen um heiße Sterne

1. Die Be-Sterne

Wir beginnen mit einer bekannten, gut untersuchten und häufigen Sterngruppe, den Be-Sternen. Darunter verstehen wir zunächst einmal alle Sterne vom Spektraltyp B, die eine oder mehrere Emissionslinien in ihrem Spektrum aufweisen. Sie machen etwa ein Zehntel aller B-Sterne aus. Die 90 % von ihnen, die nur wenig heller als Hauptreihensterne gleichen Spektraltyps sind, nennt man die Be-Sterne im engeren Sinne. Sie betrachten wir zuerst.

Die stärkste und manchmal einzige Emissionslinie im Spektrum eines Be-Sternes ist die H α -Linie des Wasserstoffs. Sie ist die langwelligste Linie (Wellenlänge $\lambda = 6563 \text{ \AA}$) aus der sog. Balmer-Serie, zu der alle im sichtbaren Spektralbereich liegenden Wasserstofflinien gehören. Abbildung 1 zeigt die Linienprofile für die ersten vier Balmerlinien im Spektrum der Sterne 48 Persei und 48 Librae. Den grundsätzlichen Aufbau der Emissionslinie eines Be-Sternes erkennt man am deutlichsten an H β : Einer flachen, breiten Absorptionslinie ist eine schmalere Emissionslinie überlagert, die ihrerseits durch eine noch schmalere Absorptionslinie in zwei Teile gespalten ist. Die Stärke der Emission in den Wasserstofflinien wird mit abnehmender Wellenlänge geringer; sie ist bei H α am größten,

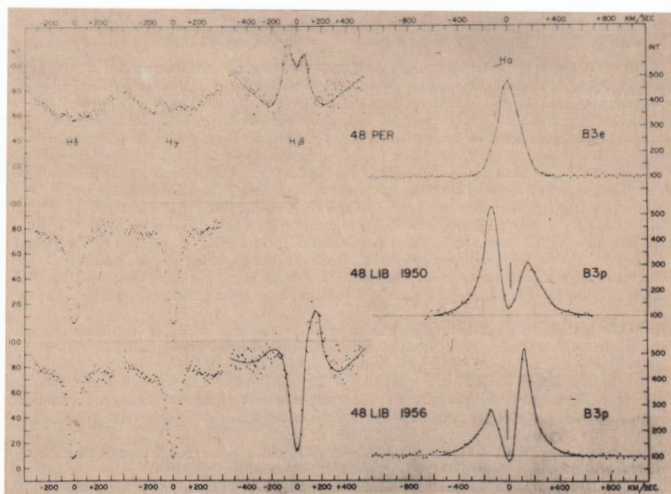


Abb. 1: Profile der H α , H β -, H γ - und H δ -Linie des Wasserstoffs in den Sternen 48 Persei (B3e V) und 48 Librae (B3pe V).

jedoch bei H δ nur noch angedeutet. Man nennt diese Abnahme der Linienintensitäten in der Balmer-Serie das Balmerdekrement. Die Stärke der schmalen Absorptionslinie nimmt wesentlich langsamer ab.

Zusätzlich zu den Wasserstoffemissionslinien beobachtet man in manchen Be-Sternen noch durch ihre Schmalheit von den Linien stellaren Ursprungs gut unterscheidbare Absorptionslinien bes. von einfach ionisierten Metallatomen wie Fe II, Ti II u. a. *)

Man grenzt diese Gruppe von den Be-Sternen ab. Für sie prägte man ursprünglich den Begriff Hüllensterne. Jedoch ist die Unterteilung rein formal und physikalisch bedeutungslos.

Das Aussehen der Linien ist nicht nur von Stern zu Stern verschieden, sondern ändert sich im Laufe der Zeit bei jedem Stern selbst. Nur wenige Be-Sterne (z. B. θ Del) zeigen so gut wie keine spektralen Veränderungen. Neben kleineren Änderungen von Nacht zu Nacht treten im Zeitraum von Jahrzehnten tiefgreifende Wandlungen auf, die bis zum völligen Verschwinden der Emissionslinien führen können. Als Beispiel sei der Stern Pleione angegeben. Vor 1938 gab es keine Anzeichen für eine Hülle. Nach ihrer Entstehung nahm ihr Umfang (gemessen durch die Stärke der Absorptionslinien) bis etwa 1945 zu, um danach langsam schwächer zu werden, bis 1954 alle Spuren verschwunden waren. Es änderte sich übrigens nicht nur die Stärke der Hüllenslinien, sondern auch die Lage der Spitzen der Emissionslinien, was auf Radialgeschwindigkeitsänderungen in der Hülle hinweist. Während die Linien für Pleiones Hülle 1938 eine Radialgeschwindigkeit von +10 km/s anzeigten, waren die Geschwindigkeiten bis 1952 auf 0 km/s (H γ), -20 km/s (H15) bzw. -50 km/s (H25) gesunken. Diese Erscheinung, daß die gemessenen Radialgeschwindigkeiten in der Balmer-Serie einen systematischen Gang aufweisen, ist auch von anderen Be-Sternen bekannt und heißt Balmerprogression. Ihr Zustandekommen ist bis jetzt ungeklärt.

Die Entstehung des Hüllenspektrums kann man sich an Hand des in Abb. 2 gezeigten vereinfachten Modells klarmachen. Der Stern ist von einer Gasschale vergleichbarer Ausdehnung umgeben. Er rotiert ziemlich rasch; deshalb sind die von seiner Oberfläche stammenden Absorptionslinien sehr breit. Die Hülle ist für sichtbares Licht im wesentlichen durchlässig, nicht aber für kurzwelliges unterhalb 912 Å Wellenlänge, denn dieses vermögen die Wasserstoffatome, aus denen die Hülle vorwiegend besteht, zu absorbieren. Sie werden dabei ionisiert. Bei der nachfolgenden Wiedervereinigung von Proton und Elektron befindet sich das entstandene Wasserstoffatom meist nicht im Grund-, sondern in einem angeregten Zustand. Den Grundzustand erreicht es über mehr oder weniger viele Zwischenstufen. Die dabei abzugebende Energie wird bei den Übergängen als Strahlung ausgesandt und im Spektrum als Emissionslinien sichtbar.

Zur Ausstrahlung der Emissionslinien tragen alle Teile der Hülle bei, die vom Stern nicht abgeschattet werden, d. h. die nicht vom Beobachter aus gesehen hinter dem Stern liegen. Die Form der Linien hängt vom Bewegungszustand der Hülle ab. Da die stellaren Linien breiter sind als die Emissionslinien, muß man annehmen, daß die Hülle langsamer als der Stern rotiert. Die Gasatome der Hülle, die sich vom Beobachter aus gesehen vor dem Stern befinden, absorbieren das Licht, das vom Stern auf sie fällt, bei den für sie charakteristischen Wellenlängen — denn der Absorptionskoeffizient ist für Linien um Größenordnungen größer als für kontinuierliche Übergänge — und geben so Anlaß zur Entstehung von Absorptionslinien in der Hülle. Die geringe Breite dieser Linien rührt daher, daß

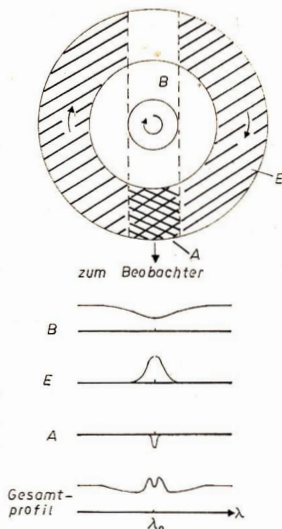


Abb. 2: Aufbau einer Sternhülle und Zustandekommen des Linienprofils bei einem Be-Stern.

*) Wir wollen uns im folgenden dem allgemeinen Brauch anschließen und die Spektren durch das Symbol des chemischen Grundoffs und eine römische Zahl, die um eine Einheit größer ist als die Anzahl der abgelösten Elektronen, bezeichnen. Eine Fe II-Linie gehört demnach dem Spektrum des einfach ionisierten Eisens an.

die Radialgeschwindigkeitskomponente für das Gas vor dem Stern sehr klein ist, denn die Bewegung erfolgt fast gänzlich in Richtung senkrecht zur Sichtlinie.

Die Vorstellungen über Größe, Dichte und Form der Hüllen gehen weit auseinander. Eng damit verbunden ist auch die Frage nach der Art und Weise ihrer Entstehung. O. Struve, der den Hüllensystemen zeit seines Lebens viel Aufmerksamkeit und Arbeit gewidmet hat, stellte als erster einen Zusammenhang zwischen der Breite der stellaren Absorptionslinien und dem Auftreten von Emissionslinien her (1931). Nach seiner Meinung rotieren die Be-Sterne sehr schnell. Die Fliehkraft führt zu einer starken Abplattung und ist am Äquator vergleichbar mit der Schwerkraft, so daß sich ein Gasring vom Stern abschneiden kann, dessen Gasatome den Stern auf Kreisbahnen umlaufen. (Der ganze Stern ähnelt äußerlich dem Planeten Saturn.) Man kann das Modell noch verfeinern, indem man elliptische Bahnen zuläßt. Su-Shu Huang (1973) zeigte, daß die quasiperiodischen Änderungen im Verhältnis der Stärke der beiden Emissionsgipfel der H α -Linie (V/R-Variation), wie sie bei zahlreichen Be-Sternen auftreten, als Folge der Apsidendrehung eines solchen elliptischen Ringes verstanden werden können. Bei der Deutung der verschiedenen Beobachtungsergebnisse wird man immer auf Ringradien zwischen 2 und 4 Sternradien geführt.

D. N. Limber (1964) hat dagegen die Vorstellung entwickelt, daß es sich bei den Hüllen der Be-Sterne um eine ähnliche Erscheinung wie den Sonnenwind handelt, um ein mehr oder weniger radiales Abströmen, das aber letztlich dadurch bedingt ist, daß Zentrifugal- und Schwerkraft sich die Waage halten. Die Hüllen sind nach diesem Modell in radialer Richtung viel ausgedehnter und auch nicht auf die Äquatorebene beschränkt. Im Falle von 1 Delphini fanden J. M. Marlborough und A. P. Cowley (1974), daß die Hülle bis in wenigstens 30 Sternradien Entfernung merkliche Beiträge zur Linienentstehung liefert. Durch das ständig abströmende Gas verliert der Stern etwa $1.5 \cdot 10^{-8}$ Sonnenmassen im Jahr.

Die Wechselwirkung zwischen den freien Elektronen und Protonen in den Hüllen der Be-Sterne muß auch zum Aussenden kontinuierlicher Strahlung führen. Wenn ein Elektron in die Nähe eines Protons gerät, so daß es dessen elektrisches Feld „spürt“, kann es einen Teil seiner kinetischen Energie als Strahlung abgeben, das Elektron wird gleichsam durch das Proton gebremst; deshalb nennt man die auf diese Weise entstehende kontinuierliche Strahlung Bremsstrahlung. Diese Bremsstrahlung sollte unter den gegebenen Umständen im langwelligen Bereich merkliche Beiträge zur Gesamtstrahlung des Sterns liefern. In der Tat beobachtete man zum Beispiel bei den Be-Sternen η Persei und 48 Persei im infraroten Spektralbereich mehr Strahlung als nach ihrer effektiven Temperatur zu erwarten war. Man sagt, diese Sterne haben einen Infrarotexzeß. Der glatte, von der Wellenlänge nahezu unabhängige spektrale Verlauf der Strahlung stimmt gut zu der Hypothese, daß es sich bei der überschüssigen Infrarotstrahlung um Bremsstrahlung der heißen Gashülle handelt. Bis jetzt wurden keine zeitlichen Änderungen der Infrarothelligkeit beobachtet (Merrill und Stein, 1973).

Wenn überhaupt, so sind die Be-Sterne unregelmäßige Veränderliche mit Amplituden kleiner als

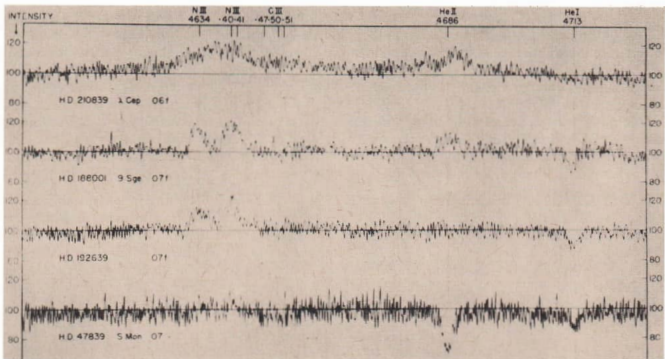


Abb. 3: Ausschnitt aus den Spektren von Of-Sternen im Vergleich mit einem normalen O7-Spektrum.

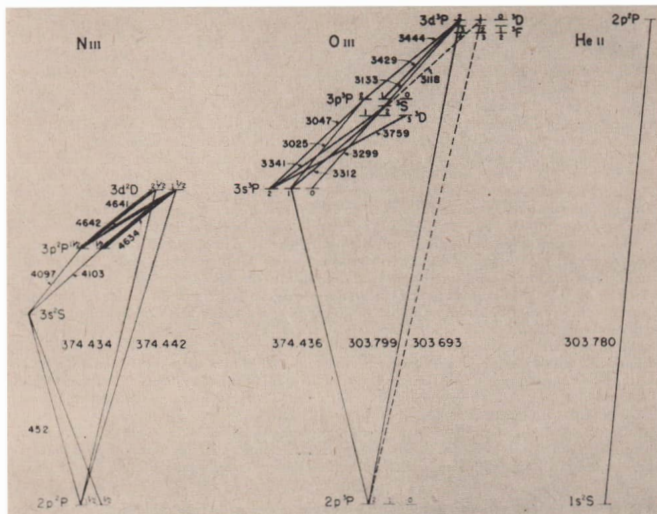


Abb. 5, oben: Auszug aus den Termschemata von He II, O III und N III, um den von I. S. Bowen entdeckten Fluoreszenzvorgang zu erklären. Die stark ausgezogenen Übergänge entsprechen den drei in der Abb. 3 sichtbaren N III-Linien.

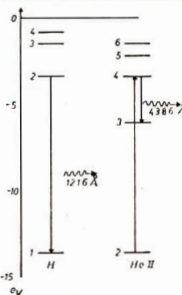


Abb. 4, rechts: Vereinfachte Termschemata von Wasserstoff und einfach ionisiertem Helium. Der He II-Grundzustand bei -54.4 eV wurde weggelassen.

~ 0^m2. Eine Ausnahme bildet der Stern γ Cassiopeiae, der um 1936 einen Helligkeitsausbruch von über einer Größenklasse erlebte, sonst sich allerdings auch wesentlich ruhiger verhält.

2. Die Of-Sterne

Der Buchstabe f wurde von J. A. Pearce (1930) eingeführt, um jene O-Sternspektren zu kennzeichnen, in denen die N III-Linien bei 4634, 4641 und 4642 Å Wellenlänge sowie die He II-Linie bei 4686 Å in Emission auftreten. (Die Wahl des Buchstabens ist geschichtlich bedingt: Die ursprüngliche Spektralklassifikation der Harvard-Sternwarte hatte den Spektraltyp O bereits in die Unterklassen Oa bis Oe eingeteilt.) Wasserstofflinien werden kaum in Emission beobachtet. Die Ursache dafür ist in der hohen Anregung des Gases zu suchen, die die Zahl der Rekombinationen von Pro-

tonen und Elektronen stark herabsetzt. In Abb. 3 werden die Spektren von drei Of-Sternen mit einem O-Sternspektrum verglichen.

Die besondere Stärke der oben genannten Emissionslinien beruht auf ganz besonderen Umständen, nämlich darauf, daß bestimmte Spektrallinien einiger Elemente nahezu gleiche Wellenlänge haben. Abbildung 4 zeigt nebeneinander die Termschemata von Wasserstoff und einfach ionisiertem Helium. Man erhält ein solches Schema, indem man längs der Ordinate die Energiezustände aufträgt, die ein Atom oder Ion einzunehmen vermag und sie durch kurze waagerechte Striche markiert. Durch Absorption von Strahlungsenergie kann das Atom in einen höheren, durch Emission von Strahlung in einen tieferen Zustand übergehen. In der Zeichnung sind die in diesem Zusammenhang bedeutungsvollen Übergänge durch Pfeile gekennzeichnet, deren Spitzen in Richtung der Übergänge zeigen. Die beigeschriebenen Zahlen geben die Wellenlängen der entsprechenden Linien in Ångström an. Wie man sieht, stimmt die Wellenlänge der sogenannten Lyman- α -Linie des Wasserstoffs mit der der Balmer- β -Linie des Wasserstoffs entsprechenden Linie des einfach ionisierten Heliums überein. Die Lyman- α -Linie ist eine sehr starke Emissionslinie. Die Heliumionen finden also besonders viel Strahlungsenergie bei der Wellenlänge vor, die dem Übergang vom 2. zum 4. Zustand entspricht. Dieser Übergang wird damit viel häufiger erfolgen als etwa der Übergang von 2 nach 5. Infolgedessen wird die Emissionslinie, die dem Übergang 4 nach 3 entspricht, viel stärker sein als jene, die zum Übergang 5 nach 3 gehört, wie es auch beobachtet wird. (Wir haben nur die Linien im sichtbaren Spektralbereich erörtert. Man erwartet, daß die He II-Linie bei 1640 Å, die dem Übergang 3 nach 2 entspricht, ebenfalls viel stärker als andere He II-Linien ist.)

Bei der Anregung der N III-Linien liegen die Verhältnisse verwickelter (Abb. 5). Das liegt zum einen daran, daß die Zahl der möglichen Energiezustände des zweifach ionisierten Stickstoffatoms größer ist, und zum andern noch ein Zwischenglied auftritt (das O III-Ion), über das die letztlich anregende 304-Å-Strahlung des He II (die der Lyman- α -Linie des Wasserstoffs analog ist) in Strahlung der Wellenlänge 374 Å umgesetzt wird.

Man bezeichnet diese Vorgänge, die zur Verstärkung ausgewählter Linien führen, als Fluoreszenz. Sie wurden 1935 von I. S. Bowen entdeckt. Sie spielen auch in den Hüllen anderer heißer Sterne (s. nächster Abschnitt) sowie in den planetarischen und diffusen Gasnebeln eine Rolle.

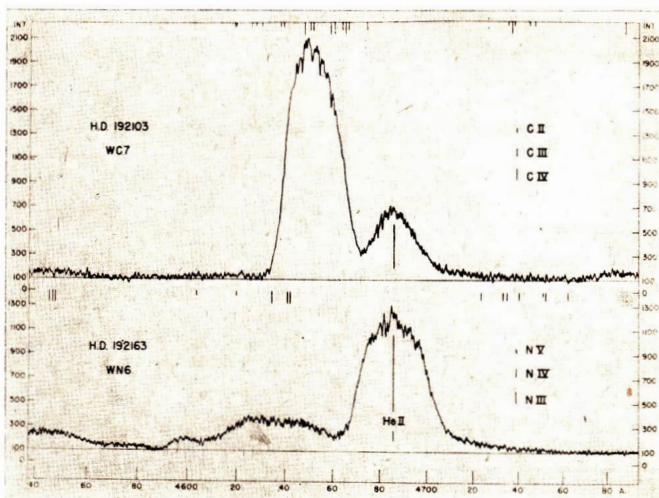


Abb. 6: Ausschnitt aus den Spektren zweier Wolf-Rayet-Sterne.

Die Beziehung der Of-Sterne zu den übrigen Sternen des Spektraltyps O ist nicht klar. Vielleicht stellen sie die Fortsetzung der Be-Sterne nach höheren effektiven Temperaturen hin dar, d. h. sie sind nur wenig heller als die gewöhnlichen O-Sterne.

3. Die Wolf-Rayet-Sterne

Die Sterne dieser Gruppe sind durch ein auffälliges Merkmal gekennzeichnet: Die Emissionslinien sind so ungewöhnlich breit, daß man von Emissionsbändern spricht, obwohl sie zweifelsfrei von Atomen und nicht von Molekülen stammen. Die ersten drei Sterne dieser Art wurden 1867 von C. Wolf und G.-A. Rayet an der Pariser Sternwarte entdeckt. Kein Angehöriger dieser Gruppe ist am Nordhimmel mit bloßem Auge sichtbar. Nur drei Wolf-Rayet-Sterne sind heller als 6. Größe: ζ Puppis, γ Velorum und HD 113904.

Bei den Wolf-Rayet-Sternen tritt uns zum ersten Mal eine Erscheinung entgegen, der wir bei den Roten Riesen erneut begegnen werden: Es gibt zwei nebeneinander laufende Spektraltypfolgen, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach in der chemischen Zusammensetzung unterscheiden. In der einen Untergruppe, deren Spektraltyp als WC bezeichnet wird, herrschen neben den Emissionslinien von H, He I und He II solche von C II bis C IV und O II bis O VI vor. Diesen Sternen stehen die WN-Sterne gegenüber, in deren Spektren die N II- bis N V-Linien an die Stelle der Kohlenstoff- und Sauerstofflinien treten. Es sind auch einige wenige Sterne bekannt, bei denen die Linien aller drei Grundstoffe gemeinsam auftreten. Abbildung 6 zeigt einen kurzen Ausschnitt aus den Spektren zweier Wolf-Rayet-Sterne, an dem man den Unterschied zwischen den WC- und WN-Sternen deutlich sehen kann.

Man erkennt auch die völlig andere Gestalt der Emissionslinien gegenüber den bisher behandelten Sternen. Die Linien sind bei den Wolf-Rayet-Sternen 20 und mehr Å breit, während die Linienbreite bei anderen Emissionsliniensternen selten 5 Å überschreitet.

Da Linien von zwei- und dreifach ionisierten Atomen im Spektrum vorherrschen, muß man Temperaturen von 30000 bis 50000 K in diesen Atmosphären annehmen. Damit gehören die Wolf-Rayet-Sterne zu den heißesten Sternen, die wir kennen. Allerdings ist bei den Temperaturangaben Vorsicht geboten. Die physikalischen Bedingungen weichen stark von jeder Art Gleichgewicht ab. Es gelingt zum Beispiel nicht, sinnvolle effektive Temperaturen abzuleiten. Die Hüllen bestehen aus einer inneren, dichteren Schicht, in der die Emissionslinien im wesentlichen entstehen. Ihre Dicke beträgt etwa einen halben Sternradius. Hohe Temperaturen und große ungeordnete Gasbewegungen verursachen die auffallend großen Linienbreiten. Nach außen schließt sich eine rund dreimal ausgedehntere,

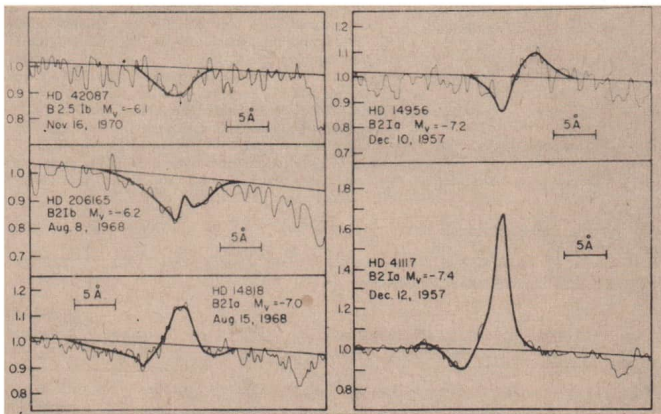


Abb. 7: Profil der $H\alpha$ -Linie für Sterne mit Spektraltyp B2 oder B2.5. Die Stärke der Emissionslinie nimmt mit der absoluten Helligkeit zu.

dünne, hochionisierte, expandierende Schicht an, deren zahlreiche freie Elektronen die Sternstrahlung streuen und die Linien noch weiter verwaschen.

4. Die frühen Überriesen und die P-Cygni-Sterne

Alle bisher besprochenen Sterne sind hinsichtlich ihrer Leuchtkraft mit den Hauptreihensternen gleichen Spektraltyps vergleichbar. Auch kann man z. B. die Be-Sterne, wenn ihre Emissionslinien vorübergehend fehlen, spektroskopisch nicht von gewöhnlichen B-Sternen unterscheiden.

Unter den frühen Überriesen ist das Auftreten von Emissionslinien sehr verbreitet. J. D. Rosendahl hat kürzlich die Spektrogramme von 62 Überriesen mit Spektraltypen zwischen O9.5 und A5 untersucht. Er fand, daß das Auftreten bzw. die Stärke der Emissionslinien mit der Leuchtkraft (oder der absoluten Helligkeit) und der effektiven Temperatur der Sterne in Zusammenhang steht. Je heißer und je heller ein Stern ist, um so stärker ist die Emission.

Abbildung 7 vermittelt einen gewissen Eindruck von den auftretenden Linienformen. Dabei fällt auf, daß alle Emissionslinien unsymmetrisch und eingipflig sind, weil sich die schmale Absorptionslinie der Hülle an der kurzwelligen (violetten) Seite der Emissionslinie befindet. Man nennt eine solche Linienform P-Cygni-Profil, weil im Spektrum dieses Sternes solche Linien vorkommen. Wie eine solche Liniengestalt zustande kommt, veranschaulicht Abb. 8: Die Hülle dehnt sich nach allen Seiten aus. Das Gas strahlt eine symmetrische Emissionslinie aus. Der Teil des Gases, der vor dem Stern liegt, absorbiert das Sternlicht in bestimmten Linien; da sich die absorbierenden Atome auf den Beobachter zu bewegen, sind die entstehenden schmalen Absorptionslinien zur violetten Seite des Spektrums hin verschoben. P-Cygni-Profile zeigen demnach expandierende Hüllen an, deuten also auf vom Stern abströmendes Gas.

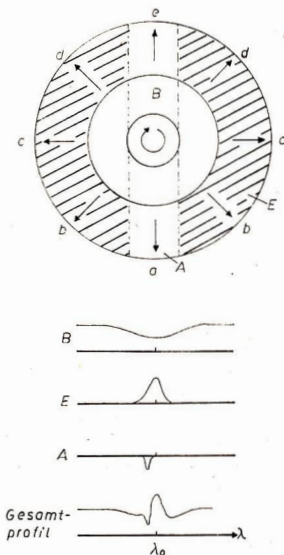


Abb. 8:
Entstehung eines P-Cygni-Profiles in einer expandierenden Hülle.

P Cygni ist nicht nur wegen der Profile seiner Linien bemerkenswert. Vor dem Jahr 1600 kannte man ihn nicht als einen mit bloßem Auge sichtbaren Stern. Am 8. August 1600 war er 3. Größe. Zwischen 1626 und 1654 war er mit bloßem Auge nicht zu sehen. Danach schwankte seine Helligkeit noch mehrmals um einige Größenklassen. Seit 1715 beträgt sie 5^m.25 und veränderte sich bisher kaum.

Die Hülle dieses Sterns ist so dicht, daß man vom eigentlichen Sternspektrum nichts bemerkt. Je nachdem, welche Linien man benutzt, findet man eine andere Expansionsgeschwindigkeit. Offenbar besteht ein Zusammenhang mit der Ionisationsenergie des zu den Linien gehörigen Ions. Si IV- und C III-Linien (Ionisationsenergie rund 46 eV) ergaben eine Expansionsgeschwindigkeit von -30 km/s, Si II-Linien (Ionisationsenergie 16.3 eV) dagegen -290 km/s. Nimmt man an, daß die schwerer ionisierbaren Ionen dem Stern näher sind als die Ionen mit geringerer Ionisierungsenergie, so bedeutet dies, daß die Expansionsgeschwindigkeit in der Hülle nach außen zunimmt. Abschätzungen ergaben, daß P Cygni im Jahr zwischen 2 und 20 · 10⁻⁶ Sonnenmassen verliert.

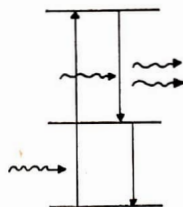


Abb. 12, rechts:
Schema eines Drei-Niveau-Masers.

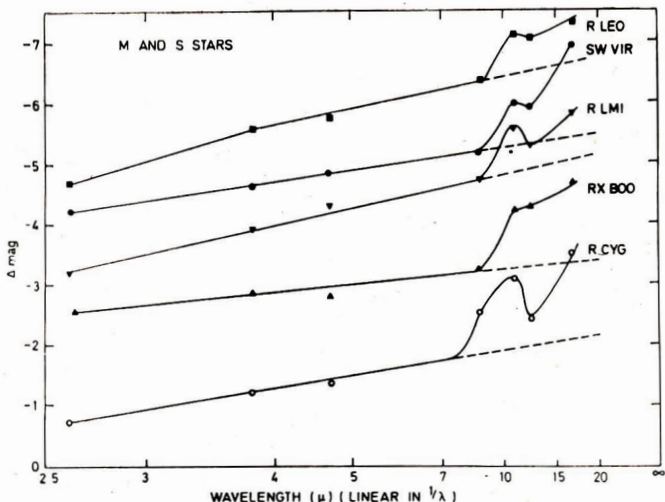


Abb. 9: Verlauf des Kontinuums für einige M- und S-Sterne. R Leonis und RX Bootis sind halbregelmäßig Veränderliche, die übrigen Mira-Sterne.

Es ist leicht einzusehen, daß ein solch riesiger Massenabfluß nicht über längere Zeiten aufrecht erhalten werden kann, ohne daß es zu tiefgreifenden Veränderungen des Sterns kommen muß.

Es soll noch erwähnt werden, daß kürzlich von Wendker und Mitarbeitern (1973) Radiostrahlung von der Gashülle dieses Sterns nachgewiesen wurde. Sie maßen bei 6 cm Wellenlänge einen auf der Erde ankommenden Strahlungsstrom von $9 \cdot 10^{-29} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$.

III. Zirkumstellare Hüllen um rote Riesen und Überriesen

1. Langperiodisch veränderliche Riesen und verwandte Sterne

Die roten Riesen und Überriesen sind in überwiegender Zahl veränderlich. Unter den Riesen ist die Klasse der Mira-Sterne am verbreitetsten; die als halbregelmäßig eingruppierten Sterne unterscheiden sich in ihrem photometrischen Verhalten meist nur in der nicht ständig eingehaltenen Periode von den Mira-Sternen.

Gegenüber den Hauptreihensternen gleichen Spektraltyps haben die roten Riesen einige hundertmal größeren Durchmesser als die Sonne. Da sie kaum mehr als 2 oder 3 Sonnenmassen haben, beträgt ihre mittlere Dichte weniger als ein Millionstel der mittleren Dichte der Sonne. Es handelt sich also um ausgedehnte und sehr dünne Gebilde, die nicht sehr stabil sind, wie die große Zahl an Veränderungen unter ihnen beweist.

Ähnlich wie bei den Wolf-Rayet-Sternen ist die chemische Zusammensetzung nicht einheitlich. Wir müssen drei Gruppen unterscheiden:

1. Spektralklassen K und M: Sauerstoffsterne; die stärksten Absorptionsbanden gehören zu den Oxiden des Titans, Skandiums und Vanadiums.
2. Spektralklasse S: Schwermetallsterne; die stärksten Absorptionsbanden stammen von den Oxiden des Zirkoniums, Yttriums und Bariums.
3. Spektralklassen R und N (zusammengefaßt C): Kohlenstoffsterne; die stärksten Banden stammen von CN, C₂ und CH.

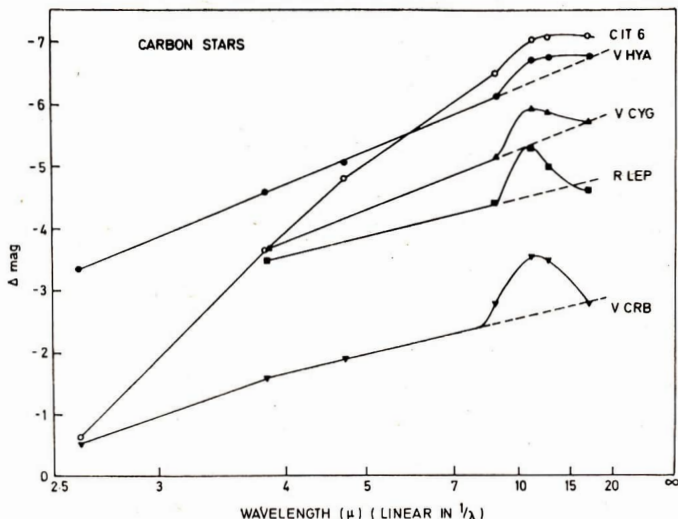


Abb. 10: Verlauf des Kontinuums für einige Kohlenstoffsterne. V Hydrae und CIT-6 sind halbregelmäßig Veränderliche, V Cygni, R Leporis und V Coronae Borealis sind Mira-Sterne.

Alle drei Gruppen überlappen sich hinsichtlich Temperatur und Leuchtkraft.

Seit Mitte der fünfziger Jahre gelang es A. J. Deutsch nachzuweisen, daß die roten Riesen ständig Gas abgeben. Bei den stärksten Spektrallinien, besonders bei der H- und K-Linie des einfach ionisierten Kalziums, tritt an der violetten Seite der breiten flachen Linie des Sternspektrums eine schmale tiefe Komponente auf. Man findet Expansionsgeschwindigkeiten von 10 bis 20 km/s und Massenverluste von rund 10^{-10} Sonnenmassen im Jahr.

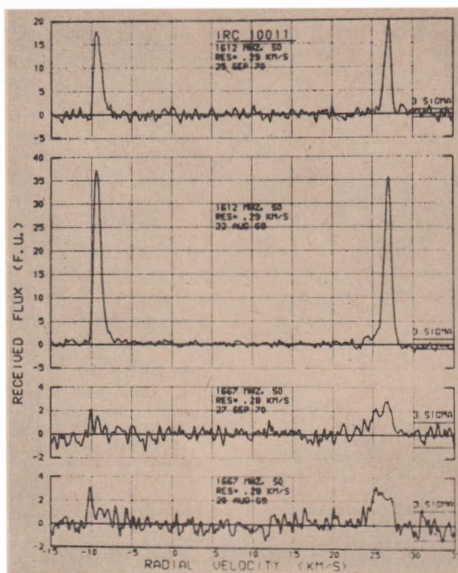
Die großen Fortschritte, die die Infrarotphotometrie in den letzten Jahren machte, bot eine zusätzliche Möglichkeit, die Hüllen der roten Riesen zu untersuchen. Die Sterne strahlen wegen ihrer niedrigen Oberflächentemperatur vorwiegend im roten Spektralbereich. Da sie gleichzeitig eine hohe Leuchtkraft besitzen, stellen sie die Mehrzahl der hellen Infrarotquellen am Himmel. Die Beobachtungen zeigten, daß die Helligkeit der Mira-Sterne im nahen Infrarot dem entsprach, was man auf Grund ihrer effektiven Temperaturen erwartete. Zahlreiche Sterne unter ihnen erwiesen sich aber im Wellenlängenbereich von 8 bis 20 μ m als heller, d. h. sie besitzen einen Infrarotexzeß. Abbildung 9 und 10 zeigen den beobachteten spektralen Verlauf für eine Reihe von Mira-Sternen und halbregelmäßig Veränderlichen. Die Kohlenstoffsterne haben einen eingipfligen Infrarotexzeß, während der Infrarotexzeß der übrigen Sterne zwei schmale Gipfel bei 10 und 20 μ m aufweist.

Bremsstrahlung wie bei den Be-Sternen kommt als Ursache für die überschüssige Infrarotstrahlung nicht in Betracht. Einmal fehlen die zwangsläufig gleichzeitig entstehenden Emissionslinien, zum anderen läßt sich auch die beobachtete Wellenlängenabhängigkeit nicht auf diese Weise erklären. Außerdem fehlt es an einer Energiequelle, die das Gas ionisieren könnte.

Eine Hülle aus Staubteilchen, wie sie ähnlich auch im interstellaren Raum vorkommen und dort für die Schwächung und Verfärbung des Lichtes entfernter Sterne verantwortlich ist, stellt eine ergiebige Infrarotstrahlungsquelle dar. Die Staubteilchen absorbieren einen Teil des Sternlichts – und zwar im sichtbaren Teil des Spektrums, wo es reichlich vorhanden ist – und erwärmen sich dabei. Wie jeder warme Körper senden sie ihrerseits Strahlung aus. Die Temperatur der Staubteilchen stellt sich so ein, daß aufgenommene und abgegebene Energiemengen gleich sind. Diese Temperatur ist niedriger

Abb. 11:

Die 1612-MHz- und 1667-MHz-Linie des Hydroxyl-Moleküls im Radiospektrum des Mira-Sterns IRC 10011 (Spektraltyp M8) zu jeweils zwei Beobachtungszeitpunkten. Der Strahlungsstrom in der 1612-MHz-Linie ist innerhalb eines Jahres auf die Hälfte gesunken.



als die Temperatur der Sternstrahlung (d. i. die effektive Temperatur des Sterns), weil ein Staubeilchen die Strahlung nur von einer begrenzten Fläche des Himmels empfängt (nämlich der, die der Stern vom Staubeilchen aus gesehen, am Himmel einnimmt), aber sie in alle Richtungen aussendet. Die Teilchentemperaturen liegen bei etwa 500 K. Die Hüllendurchmesser betragen rund 30 Sterndurchmesser.

Der genaue spektrale Verlauf der vom Staub ausgesandten Strahlung hängt nicht nur von der Temperatur der Teilchen, sondern auch von den Eigenschaften des Stoffes ab, aus dem sie bestehen. Die Beobachtungen legen nahe, daß die beiden unterschiedlich aussehenden Infrarotexzesse durch zwei verschiedene Teilchenarten (oder Teilchengemische) verursacht werden. Die Vorstellungen über die Entstehung der Staubböden weisen in die gleiche Richtung. Es ist oben erwähnt worden, daß bei den Mira-Sternen (und bei den roten Riesen und Überriesen überhaupt) ständig Gas abströmt. Dabei kühlt es sich ab, und wenn bestimmte kritische Temperaturwerte unterschritten werden, beginnen bestimmte Stoffe auszukondensieren, d. h. sich als feste Teilchen aus dem Gas abzuscheiden. Berechnungen über diesen Kondensationsvorgang zeigten, daß die Art der sich bildenden Teilchen entscheidend von der chemischen Zusammensetzung des Gases abhängt. Wenn das Gas mehr Sauerstoff- als Kohlenstoffatome enthält, so kommt es zur Bildung von Silikateilchen (Mg_2SiO_4 u. a.). Silikate besitzen gerade bei 10 μm und 20 μm starke Absorptionsbanden, so daß eine dünne Hülle aus solchen Teilchen bei diesen Wellenlängen Emissionsspitzen aufweisen sollte, wie sie bei sauerstoffreichen Mira-Sternen beobachtet werden. Wir können also Silikateilchen mit einigem Recht für den zweipflügeligen Infrarotexzeß der roten Riesen verantwortlich machen. Ist das Sauerstoff-Kohlenstoff-Verhältnis umgekehrt, so fallen Kohlenstoffteilchen (Ruß, Graphit) und Siliziumkarbidteilchen (SiC) aus. Diese Stoffe sollten daher die Hüllen um die Kohlenstoffsterne bilden. Durch den Strahlungsdruck der Sternstrahlung werden diese Staubeilchen in den interstellaren Raum hinausgetrieben. Man nimmt heute an, daß ein beträchtlicher Teil des interstellaren Staubes in der Umgebung von Sternen, darunter auch in den ausgedehnten Atmosphären der roten Riesen, entsteht.

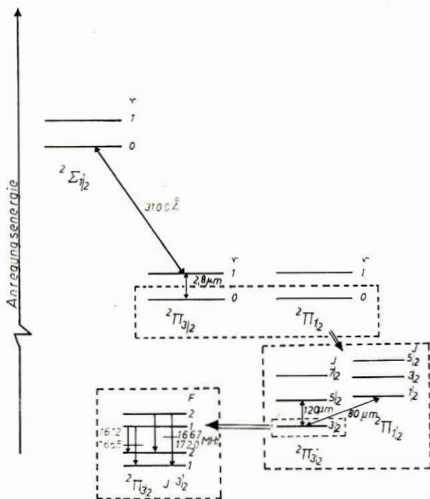


Abb. 13:

Auszug aus dem Termschema des Hydroxyl-Moleküls. Die eingerahmten Teile sind nochmals vergrößert dargestellt. Bei den drei Elektronenthermen ($^2\Sigma_{1/2}$, $^2\Pi_{1/2}$, $^2\Pi_{3/2}$) sind jeweils nur die untersten zwei Schwingungszustände (Quantenzahl v) gezeichnet, bei den Schwingungsgrundzuständen nur die ersten drei Rotationszustände (Quantenzahl J). Alle Π -Rotationszustände spalten in zwei Zustände auf (sog. Λ -Verdoppelung), jeder der beiden Λ -Zustände ist durch die Wechselwirkung mit den Atomkernen wiederum zweifach, wodurch das bekannte Radiolinienquartett des OH bei 18 cm Wellenlänge entsteht.

Die Hüllen der roten Riesen haben sich nicht nur als starke Infrarotquellen erwiesen, sondern stellen auch im Sinne der Radioastronomie Moleküllinienquellen dar. Bei zahlreichen roten Riesen beobachtete man die zum Hydroxyl-Radikal (OH) gehörenden Linien bei 18 cm Wellenlänge in Emission. Es handelt sich dabei um eine Gruppe von vier Linien, deren Frequenzen 1612, 1665, 1667 und 1720 MHz betragen. Bei fast keiner OH-Quelle am Himmel verhalten sich die Stärken dieser Linien wie man es unter thermodynamischen Gleichgewicht erwartet (nämlich wie 1:5:9:1). Es treten vielmehr auffällige Abweichungen auf.

Die Mira-Sterne gliedern sich hinsichtlich ihrer Hydroxyl-Strahlung in zwei Gruppen:

1. Die Emission bei 1612 MHz ist stärker als die in den Hauptlinien (d. h. bei 1665 und 1667 MHz). Das Profil der 1612-MHz-Emissionslinie besteht aus zwei Komponenten, die im Mittel einen Radialgeschwindigkeitsunterschied von 30 km/s besitzen (Abb. 11). Man nennt OH-Quellen, bei denen die Emission in den Satellitenlinien (d. h. in der 1612- oder 1720-MHz-Linie) stärker ist als in den Hauptlinien, Quellen vom Typ II.
2. Die Emission ist in den Hauptlinien am stärksten (Typ I). Sonst sind die Verhältnisse wie bei der anderen Gruppe. Bei diesen Sternen wurden außerdem Radiolinien des Wassers gefunden.

Diese beiden Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Infrarotstrahlung. Alle Sterne, bei denen die 1612-MHz-Linie am stärksten ist, besitzen einen großen Infrarotexzeß und demnach eine Staubbhülle. Dagegen weisen die roten Riesen der zweiten Gruppe keine oder nur ganz wenig überschüssige Infrarotstrahlung auf; ihre Hüllen dürften sehr staubarm sein.

Die große Intensität und die ungewöhnlichen Intensitätsverhältnisse der OH-Linien untereinander erfordern einen Vorgang, der die Strahlung einer einzelnen Linie beträchtlich zu verstärken vermag. Im Laboratorium ist so etwas mit Hilfe von Lasern und Masern möglich, die Licht bzw. Mikrowellenstrahlung durch sog. induzierte Emission verstärken. Der Grundgedanke des Masers ist einfach: Der Übergang eines Atoms (oder Moleküls) von einem höheren in einen tieferen Energiezustand erfolgt normalerweise mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von selbst. Man kann aber die Wahrscheinlichkeit des Übergangs beträchtlich erhöhen, wenn man das Atom mit Licht der Wellenlänge bestrahlt, die bei dem Übergang ausgestrahlt wird. Vorausgesetzt, daß sich genügend Atome im angeregten Zustand befinden, erhält man auf diese Weise, durch induzierte Emission, eine Verstärkung des Lichts bei der betreffenden Wellenlänge. Bei den Lasern und Masern im Labor werden die Atome durch Strahlung geeigneter Frequenz in den angeregten Zustand befördert („gepumpt“). Damit es

Abb. 14:
Radiolinienspektrum des
roten Überriesen NML
Cygni. In der untersten
Reihe ist die Radialge-
schwindigkeit des Sternes
markiert.

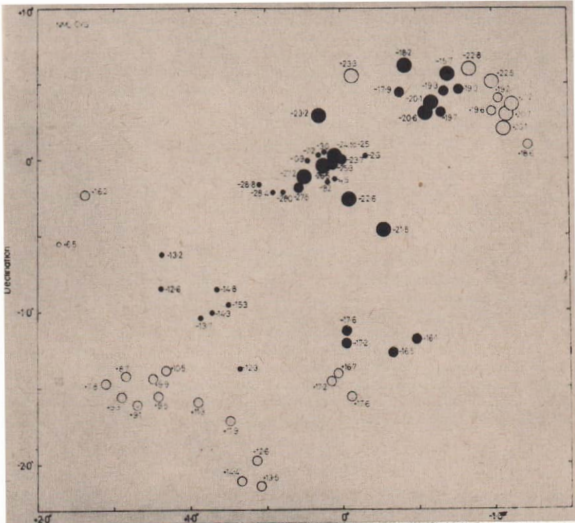
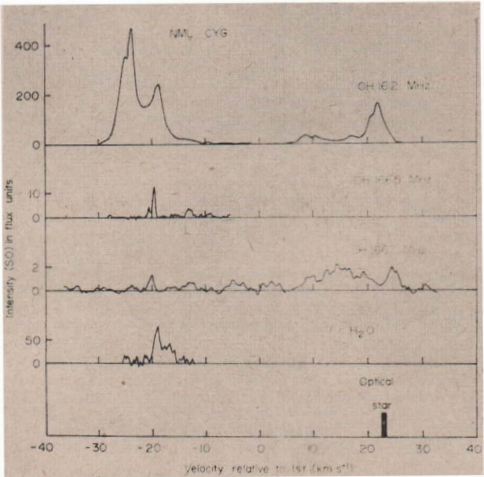


Abb. 15: Die relativen Ört der wichtigsten Komponenten der 1612-MHz-Linie bei NML Cygni.

zu einer Maser-Erscheinung kommt, müssen mehr Atome in den angeregten Zustand gepumpt werden, als ihn spontan verlassen. Abbildung 12, S. 136, veranschaulicht die einfachste Möglichkeit eines Masers.

Im Fall des OH-Moleküls sind die Verhältnisse verwickelter, weil zahlreiche Zustände des Moleküls und Übergänge zwischen ihnen am Zustandekommen der Masererscheinung beteiligt sind. In Abb. 13 sind die wichtigsten Zustände des OH ohne Rücksicht auf Maßstäblichkeit gezeichnet. Ebenso sind die Übergänge nur schematisch eingezeichnet, da es sich meist um zahlreiche, dicht beieinanderliegende Linien handelt. Die OH-Moleküle gelangen wahrscheinlich durch Absorption von Infrarotstrahlung mit etwa $2.8 \mu\text{m}$ Wellenlänge in den ersten angeregten Schwingungszustand (der aus vielen Rotationszuständen besteht). Sie kehren in den Grundzustand zurück, indem sie in irgendeinen angeregten Rotationszustand des Schwingungsgrundzustandes übergehen, um dann schrittweise in den Rotationsgrundzustand zu gelangen. Dabei kommt es zu einer Überbesetzung des oberen $F = 1$ -Zustandes im $^2\Pi_{3/2}$, $J = 3/2$ -Zustand, womit die Grundvoraussetzung zur Verstärkung der 1612-MHz-Linie erfüllt ist (M. M. Litvak, 1969). Auch die Anregung der OH-Hauptlinien- und der H_2O -Linienstrahlung dürfte über die stellare Infrarotstrahlung erfolgen. Der enge Zusammenhang zwischen der Infrarot- und der OH- sowie H_2O -Linienstrahlung folgt auch daraus, daß sie sich gleichzeitig ändern.

Die Expansion der Sternhülle, die aus dem optischen Spektrum erschlossen wurde, vermag auch den eigenartigen Geschwindigkeitsaufbau der OH-Linien zu erklären. Die Radialgeschwindigkeit der langwelligen Komponente stimmt im allgemeinen gut mit der Radialgeschwindigkeit des Sterns überein. Demnach entspricht der kurzwelligen Komponente eine Bewegung auf den Beobachter zu, wie sie aus der Vorstellung von einer Hüllenexpansion zwangsläufig folgt. Unklar bleibt, ob die langwellige Komponente in einem Gebiet nahe dem Stern entsteht, wo die Expansionsgeschwindigkeit gering ist, oder zu beiden Seiten des Sterns, so daß die Expansionsbewegung nahezu ausschließlich in tangentialer Richtung erfolgt. Interferometermessungen legen letzteres Bild für die M-Überriesen nahe (Abb. 15). Da die Infrarot- und OH-Quellen-Eigenschaften sehr ähnlich sind, dürften die Verhältnisse übertragbar sein.

2. Die roten Überriesen

Die Hüllen der roten Überriesen sind denen der Mira-Sterne sehr ähnlich. Es treten im Infrarot die gleichen zweigipfligen Exzesse auf und sie sind ebenfalls OH-Quellen. Bei den wenigen Sternen dieses Typs, die bisher untersucht wurden, ist die 1612-MHz-Linie am stärksten; außerdem beobachtet man aber auch H_2O -Strahlung. Abbildung 14 zeigt das Radiolinienspektrum der Infrarotquelle NML Cygni (nach den Anfangsbuchstaben der Entdecker der Infrarotquelle Neugebauer, Martz und Leighton).

M. R. W. Masheder, R. S. Booth und R. D. Davies (1974) haben kürzlich das OH-Spektrum von vier Überriesen, darunter NML Cygni, genauer untersucht. Sie fanden, daß sich die 1612-MHz-Strahlung aus 63 Komponenten zusammensetzt, die sich entweder hinsichtlich Ort oder Radialgeschwindigkeit oder beiden unterscheiden. In Abbildung 15 sind die relativen Örter in Form einer Karte dargestellt. Die Größe der Kreise gibt ein grobes Maß für die Stärke der betreffenden Komponente. In der räumlichen Anordnung fällt auf, daß sich die Komponenten, die den kurzwelligen Gipfel der OH-Linie bilden, mehr zur Mitte hin drängen, die langwelligen Komponenten hingegen die äußere Begrenzung bilden.

Auf Grund ihrer Beobachtungen entwerfen sie folgendes Bild: Der M-Stern (Radius $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}$) ist von einer 10 bis 100mal größeren Staubbhülle umgeben, die für die Infrarotstrahlung verantwortlich ist. Daran schließt sich eine Gashülle an, deren Radius etwa $2 \cdot 10^{16} \text{ cm}$ beträgt und die mit $\sim 40 \text{ km/s}$ expandiert. In ihr entsteht die OH-Strahlung. Die Gasdichte beträgt etwa $3 \cdot 10^6$ Wasserstoffatome je cm^3 . Aus Dichte und Expansionsgeschwindigkeit errechnet man, daß etwa $1.5 \cdot 10^{-3}$ Sonnenmassen im Jahr nach außen strömen. Einen solch riesigen Massenverlust kann schwerlich ein Stern verkraften. Masheder, Booth und Davies schließen daher, daß die roten Überriesen mit Infrarotexzeß sehr junge Sterne sind und daß es sich bei der abströmenden Masse um Reste der interstellaren Wolke handelt, die nicht zur Bildung des Sterns verbraucht wurden und nun durch den Strahlungsdruck auseinander getrieben werden.

(Fortsetzung folgt)

Ergebnisse der Erforschung Jupiters durch Pioneer 10

KARL-HEINZ NEUMANN

Durch die vorläufige Auswertung der von Pioneer 10 übermittelten Daten während des Vorbeifluges an Jupiter am 3. Dezember 1973 bzw. nach WZ am 4. 12. 1973 um $2 \times 10^{25} \text{ m}$ erhielt die Wissenschaft eine Reihe von neuen grundsätzlichen Erkenntnissen über den Jupiter, seine Atmosphäre und die vier großen Monde des Planeten.

Innerer Aufbau des Jupiter

Der größte Planet unseres Sonnensystems scheint aus flüssigen Massen mit höchstens einem ganz kleinen Gesteinskern aufgebaut zu sein. Das ist vor allem auf die große innere Wärme des Planeten und auf den hohen inneren Druck, der in der Größenordnung von Millionen Atmosphären auftritt, bedingt. Sowohl der Druck als auch die Temperatur steigen mit der Tiefe an. In ungefähr 1000 km unterhalb der Obergrenze der Atmosphäre kommt man zu Angaben über die Temperatur von etwa 2000 Grad Celsius. In 3000 km Tiefe erreicht die Temperatur Werte von fast Sonnenoberflächentemperatur und der Druck beträgt bereits 90000 Atmosphären. In diesem Bereich hat das Gewicht der Jupiteratmosphäre bereits den Wasserstoff so komprimiert, daß er flüssig wird mit einer Dichte von einem Viertel des irdischen Wassers. In 25000 km Tiefe ist die Temperatur auf 11000 Grad Celsius und der Druck ist auf 3 Mill. Atmosphären angestiegen. Hier geht der flüssige Wasserstoff in eine flüssige metallische Phase über.

Das Temperaturprofil des Jupiter wurde an der Universität von Arizona unter Zugrundelegung des Gravitationsmessungsexperiments, wobei der Raumflugkörper Pioneer 10 selbst als Sensor benutzt wurde, bestimmt. Die Wissenschaftler nutzten die Meßwerte über die Bahnänderung der Sonde zur Berechnung des inneren Aufbaus des Planeten. Es ergab sich, daß der Jupiter in seinem Inneren keine Massenkonzentration besitzt. Ferner konnte abgeleitet werden, daß den Planeten keine feste Kruste umgibt. Lediglich bei dem schon erwähnten relativ kleinen festen Kern vermutet man eine Beimengung von Eisen. Die Analyse des Gravitationsfeldes, welche noch nicht völlig abgeschlossen ist, deutet auf diesen kleinen Kern hin.

Die Temperaturmessungen ergaben, daß der Jupiter zwei- bis dreimal mehr Wärme abstrahlt, als er von der Sonne erhält. Die Temperatur in seinem Kern wird auf 30000 Grad Celsius geschätzt. Zur sichtbaren Oberfläche hin nimmt sie ständig ab und erreicht an der Wolkenobergrenze etwa minus 120 Grad Celsius. Etwas unterhalb der Wolkenobergrenze wird sehr bald das Gebiet erreicht, in dem die Temperatur nahe 0 Grad liegt.

Man nimmt an, daß Jupiter schon vom Zeitpunkt seiner Bildung an, ständig Wärme abgestrahlt hat. Die ständige Wärmeabstrahlung scheint auch bei der Bildung der inneren Monde eine Rolle gespielt zu haben. Damit will man den unterschiedlichen Wert der mittleren Dichte der vier großen Monde erklären.

Das Zentrum des Magnetfeldes des Jupiter ist nach der Meinung der Wissenschaftler nicht im Zentrum des Planeten zu finden. Der Planet gleicht einem sich sehr schnell drehenden Ball aus flüssigem Wasserstoff. Dabei, meint man, wird das Magnetfeld durch den Dynamoэффект in unterschiedlich schnell rotierenden Gebieten dieses Flüssigkeitsballs durch elektrische Ströme induziert. Nur ein Planet mit einer sehr intensiven inneren Bewegung könne ein derart starkes Magnetfeld erzeugen.

Der Wasserstoff bewegt sich vom Zentrum des Planeten bis zur Oberfläche in etwa 10 bis 100 Jahren. Das entspräche etwa einer Bewegungsgeschwindigkeit von 2400 km pro Jahr.

Die intensive Konvektion von Wärme spiegelt sich in einem ständigen Auf- und Abwärtsströmen der Atmosphäre wider. Dabei ist in der Wolkenschicht in den hellen Gebieten aufwärtsströmende Materie und in den dunkler erscheinenden Gebieten abwärtsströmende anzunehmen. Das ist das Ergebnis der Auswertung der von Pioneer 10 übermittelten Bilder.

Es konnte ferner festgestellt werden, daß der Planet stärker abgeplattet ist, als die visuellen Messungen der Erde bisher ergeben haben. Der Poldurchmesser ist um 9280 km kleiner als der Äquatordurchmesser. Damit kommt man zu einem Äquatordurchmesser von 142796 km und einem Poldurchmesser von 133516 km. Damit ist der Jupiter um das Zehnfache stärker abgeplattet als die Erde. Seine Masse ist 317,8mal größer als die der Erde.

Die Atmosphäre des Jupiter

Die Jupiteratmosphäre reicht nur bis etwa 1000 km oberhalb der sichtbaren Wolkenschicht. Sie besteht hauptsächlich aus Wasserstoff und Heliumgas mit einer geringen Beimischung anderer Elemente. Sie macht etwa ein Prozent der Gesamtmenge des Planeten aus. Das Verhältnis von Wasser-

stoff zu Helium ist etwa 79:20 Prozent und nur 1 Prozent dürfte der Anteil der anderen Elemente betragen. Damit hätten wir ein Verhältnis der Elementenverteilung, das in etwa dem der Sonne entspricht.

Jupiters Wolkensystem

Für den Aufbau der Schicht, die von der Wolkenobergrenze bis zum Beginn der Übergangszone des Wasserstoffs in die Flüssigkeitsphase liegt, haben die Untersuchungen etwa folgenden Aufbau ergeben: Die oberste Schicht der Wolkengebiete besteht aus Ammoniak-eiskristallen, wie auch die Untersuchungen von der Erde her ergaben. Das sind im wesentlichen die hellen Gebiete des Streifensystems der Wolkenschicht. Darunter liegen rötlich-braune Wolken, die sehr wahrscheinlich aus Ammoniakhydrosulfidkristallen bestehen. Unter ihnen nimmt man an, befindet sich eine Eiskristallschicht (Wassereis). Die nächste Schicht soll aus flüssigen Wassertröpfchen, die ebenfalls Ammoniak in gelöster Form enthalten, bestehen. Wasser konnte bisher noch nicht direkt nachgewiesen werden. Welche Zirkulationsprozesse sich in diesen unteren Schichten oberhalb des flüssigen Teils des Planeten abspielen, konnte wegen der obersten Wolkenschicht bisher noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Man nimmt aber an, daß hier Gewitter und Stürme oder andere Phänomene auftreten. Der Jupiter hat also eine Atmosphäre mit starker Zirkulation und starkem Energietransport. Die Experimente mit dem Infrarotradiometer deuten darauf hin, daß an der oberen Wolkenschicht bei einer Temperatur von minus 120 Grad Celsius und einem Druck von ungefähr 700 Millibar genau jene Werte erreicht sind, in denen sich Ammoniak-eiskristalle bilden können. Die durchsichtige, darüber gelegene Atmosphäre scheint neben Wasserstoff und Helium aus Ammoniak- und Methangasen zu bestehen.

Wärmebilanz der Atmosphäre

14 km oberhalb der Wolkengrenze fällt die Temperatur bei 300 Millibar Druck auf minus 145 Grad Celsius ab. Von diesem Bereich an kann es keine Ammoniak-kristalle mehr geben. Darüber wird der wesentlichste Teil der von der Sonne stammenden Wärmestrahlung durch das atmosphärische Methan absorbiert. Es entsteht hier also eine sogenannte Inversionsschicht, in der die Atmosphäre etwas aufgeheizt wird. Diese Schicht wird sehr wahrscheinlich bis zu etwa 35 km Höhe reichen (jeweils über der sichtbaren Wolkenhülle) und bis zu einem Druckwert von etwa 100 Millibar (etwa ein Zehntel des Atmosphärendrucks der Erde); an ihrer Obergrenze wird eine Temperatur von etwa -155 Grad Celsius herrschen. Darüber nimmt man noch ein Gebiet an, in denen Kohlenwasserstoffe wie Ethan und Azetylen in Form von feinverteilten Tröpfchen vorhanden ist, welche durch die Absorption von Sonnenlicht ebenfalls zur Aufheizung der Atmosphäre beitragen.

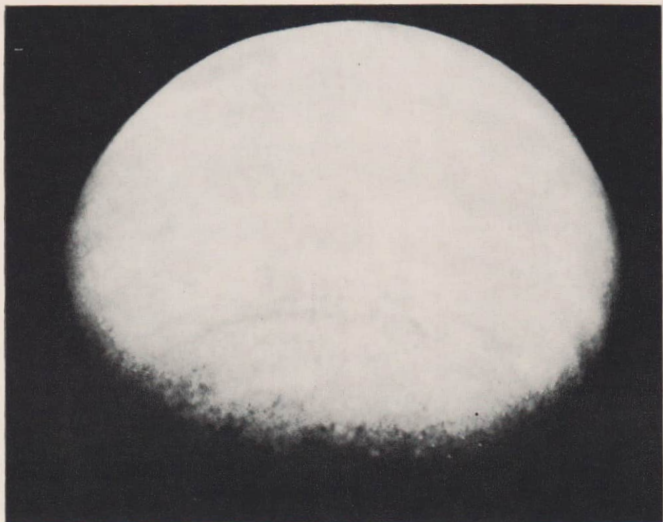
Nach anderen Interpretationen der Infrarotmessungen und des Radiobedeckungsexperimentes ergeben sich andere Temperaturwerte der oberen Atmosphäre des Planeten. Vor allem das Radiobedeckungsexperiment scheint darauf hin zu deuten, daß die Wolkengebiete, in denen irdische Temperaturen herrschen, doch höher liegen als angenommen wurde. Sicher werden erst Sonden, die in die Jupiteratmosphäre eindringen, die Frage endgültig klären können, wie hoch die transparente Atmosphäre über den Wolkenschichten liegt.

Die Pioneer 10-Ergebnisse deuten ferner darauf hin, daß die Atmosphäre des Riesenplaneten nahe des Äquators etwas wärmer ist als nahe der Pole. Es konnten aber auch in der Nähe der Pole wärmere Zonen nachgewiesen werden. Bezüglich der Nord- und Südhalbkugel ergab sich kein Temperaturunterschied bei den Breitengraden des Planeten. Auch zwischen der Tag- und Nachtseite sind keine meßbaren Temperaturunterschiede zwischen beiden Hemisphären festzustellen gewesen.

Die Meßergebnisse der Sonde weisen ferner darauf hin, daß die Wolkenpartikel bzw. die Wolken-tröpfchen an der Obergrenze der sichtbaren Wolkenschicht relativ klein sind und in der Größenordnung von wenigen Zehnteln eines Mikron liegen. Das trifft sowohl für die dunklen Gürtel wie für die hellen Zonen zu. Damit sind sie kleiner als die Eiskristalle und Wassertröpfchen in irdischen Cumulusstratoswolken. Das ist übrigens für die Erde die häufigste Bewölkungsart. Die Wolkenteilechen des Jupiter reflektieren das Licht relativ stark sowohl in Gürteln als auch in Zonen. Deshalb kam man zu der Auffassung, daß es sich um Eispartikel oder sehr stark reflektierende Tröpfchen handelt.

Das Wetter des Jupiter

Die 17 den Planeten umgebenden Gürtel und Zonen scheinen mit irdischen Zyklonen und Antizyklonen vergleichbar zu sein, die das irdische Wetter in den gemäßigten Zonen bestimmen. Bei beiden Planeten haben wir das Phänomen des auf- und absteigenden atmosphärischen Gases, welches



Zum Beitrag S. 143 „Erforschung Jupiters durch Pioneer 10“

Abb. 1, oben:
Die atmosphärischen
Gürtel und Zonen
des Jupiter.



Abb. 2, rechts:
Detail der Jupiter-
oberfläche.



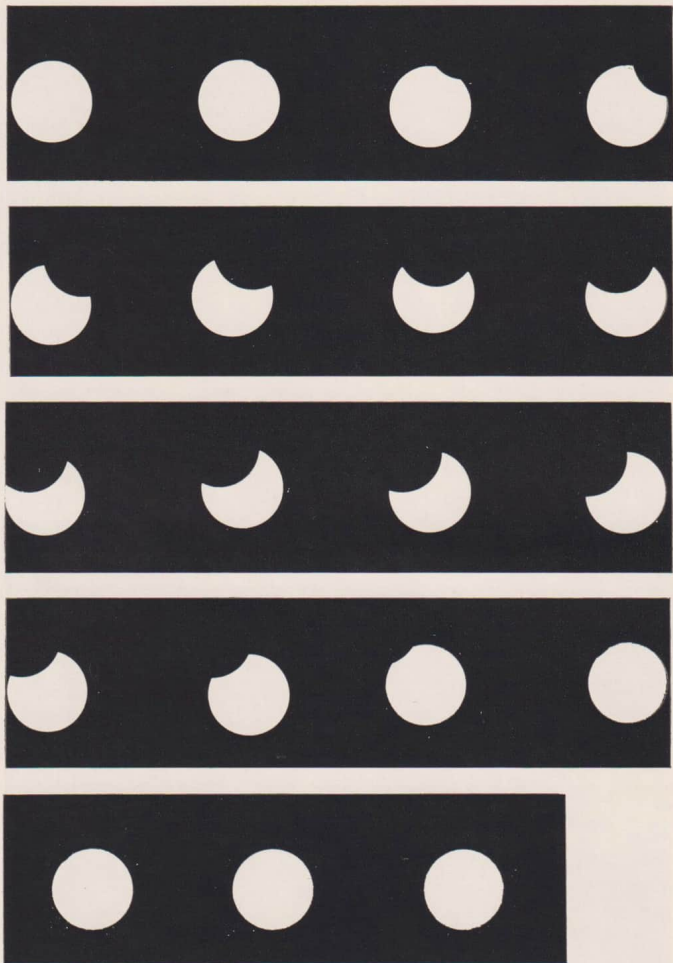
Abb. 3 und 4, oben und rechts:

Der Große Rote Fleck. Dieses mit 40 000 km Durchmesser auffälligste Objekt der Jupiteroberfläche soll nach den Untersuchungsergebnissen von Pioneer 10 kälter als seine Umgebung sein und 8 km über die Wolkenoberfläche hinausreichen. Es wird angenommen, daß der GFR einem konstanten Wirbelsturm entspricht.

Zum Beitrag S. 143 „Erforschung Jupiters durch Pioneer 10“



Zum Beitrag S. 143 „Erforschung Jupiters durch Pioneer 10“



Zum Beitrag S. 157

„Fotografische Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11“

durch die eingestrahlte Sonnenenergie und beim Jupiter im wesentlichen durch die Eigenwärmeausstrahlung bestimmt wird.

Bei der Erde steigen große Massen von wärmerer, also leichter Luft nach oben, während kältere Luft, die schwerer ist, sich nach unten bewegt. Die Grundrichtung der Bewegung der wärmeren zur kälteren Luft auf der Erde erfolgt von den tropischen Zonen in Richtung der Pole. Die durch die Rotation auftretenden Corioliskräfte bewirken, daß die normalerweise sich nach Nord oder Süd bewegenden Luftmassen unsere Erde von West nach Ost etwa spiralförmig umrunden. Ungleichmäßige Erwärmungen über Land- oder Wassermassen stören auf der Erde die gleichmäßige Bewegung und führen zu den spiralförmig ausgebildeten Zyklonen und Antizyklonen.

Beim Jupiter, dessen obere Wolkenschicht eine Rotationsgeschwindigkeit von etwa 22000 miles pro Stunde beträgt, sind die Corioliskräfte bedeutend stärker. Durch Instabilitäten ähnlich denen auf der Erde (z. B. verschiedene starke Erwärmung der Atmosphärenmassen am Tage und in der Nacht) treten bedeutend stärkere spiralförmige Bewegungen (in z. T. kleineren Dimensionen als in der Erdatmosphäre) auf. Infolge des sogenannten Calmingeffekts erfolgt aber die Bewegung meist linear. Dieser Faktor ist vor allem auf die inneren Wärmequellen, auf die Wärmezirkulation in den unter der Wolkenschicht liegenden Gebieten, das Fehlen einer festen Oberfläche und den Flüssigkeitscharakter dieses Planeten zurückzuführen. Daraus ergeben sich Gürtel und Zonen, die im Prinzip ihre Grenzen in bestimmten Breitengraden beibehalten. Da die aus dem Inneren stammende Wärme beträchtlich und an allen Teilen der Oberfläche gleichmäßig ist, treten die genannten Unterschiede zwischen Erd- und Jupiterwetter deutlich zutage. Bei der Erde erfolgt die stärkste Erwärmung der Atmosphäre in den tropischen Zonen und deshalb die Zirkulation in Richtung der eisbedeckten Erdpole.

Die Temperaturmessungen ergaben, daß die dunklen Gürtel im Mittel etwa 9 Grad wärmer sind als die hellen Zonen, die sehr wahrscheinlich 20 km höher in die Atmosphäre hineinreichen. Die grauweißen Zonen sind also wärmere aufsteigende Wolkenmassen, die vor allem durch die Ammoniak-kristalle sichtbar werden. Die tiefer liegenden rötlich-braunen Gürtel sind kältere und absteigende Wetterzellen, bestehend aus Ammoniakhydrosulfidkristallen.

Ausgehend vom dunklen Äquatorgürtel kann man sich über die Strömungsverhältnisse der oberen Wolkenschichten folgendes Bild machen: In der nördlichen hellen Äquatorzone (genauso auch in der südlichen) erfolgt im mittleren Teil der hellen Zone eine Aufwärtsströmung. Die Abwärtsströmung geht sowohl in Richtung des dunklen Äquatorgürtels als auch in Richtung der beiden anschließenden dunklen Gürtel vor sich. In Richtung des Äquatorgürtels erfolgt dabei eine Ablenkung der Wolken entgegen der Rotationsrichtung, beim Abströmen in die beiden anschließenden Gürtel dagegen in Rotationsrichtung. Diese Strömungsrichtungen setzen sich in gleicher Weise bei den folgenden Gürteln und Zonen fort.

Die Strömungsgeschwindigkeiten können dabei, wie Erdbeobachtungen und auch die Auswertung der Jupiterbilder von Pioneer 10 gezeigt haben, um mehr als 600 km pro Stunde differieren. Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten treten dabei in der Nähe des Äquators bis hin zu mittleren jovigraphischen Breiten auf. Große thermische Unregelmäßigkeiten — wie beispielsweise der Große Rote Fleck und andere ähnliche Oberflächendetails — werden dabei zu langgestreckten ellipsenförmigen Gebilden geformt.

Die sehr starken Zirkulationsverhältnisse in der Jupiteratmosphäre konnten vor allem aus den Messungen des UV-Spektrometers von Pioneer 10 durch Wissenschaftler der Universität von Südkalifornien festgestellt werden. Man kam zu der Ansicht, daß der Vermischungsgrad der verschiedenen Atome und Moleküle in der Jupiteratmosphäre den Vermischungsgrad in der Erdatmosphäre um das Zehn- bis Hundertfache übertrifft.

Der Große Rote Fleck

Beim Großen Roten Fleck konnte keine Gravitationsanomalie festgestellt werden. Es handelt sich also um kein Gebiet, bei dem eine Dichteänderung vorhanden ist. Damit können eine Reihe von Theorien über die Natur des Großen Roten Fleckes eliminiert werden. Nach den Untersuchungsergebnissen von Pioneer 10 wird dieser jahrhundertealte, 40000 km Durchmesser aufweisende Fleck kälter als seine Umgebung angenommen. soll 8 km über die Wolkenfläche hinausragen und einem gewaltigen Wirbelsturm auf der Südhemisphäre des Planeten gleichen. Die Feinstrukturen, die aus den Bildern von Pioneer 10 abgeleitet werden konnten, zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit Hurrikans auf der Erde.

Es konnte auf den Bildern noch ein zweiter roter Fleck, der ein Drittel des Durchmessers des Großen Roten Flecks hat, nachgewiesen werden. Er liegt etwa auf der gleichen jovigraphischen Länge wie sein „großer Bruder“, nur befindet er sich auf der Nordhalbkugel. Auch er ist kühler als die ihn umgebenden Wolken und scheint ebenso hoch aufzusteigen wie der Große Rote Fleck. Wissenschaftler des California Institute of Technology vertraten die Meinung, daß die beiden roten Flecke meteoro-

logische Phänomene darstellen, die an die mittleren hellen Zonen der Jupiterwolken-schicht gebunden sind.

Die Ionosphäre des Jupiter

Die Ionosphäre des Planeten reicht etwa bis zu einem Druckniveau von einem Zehntel Millibar und in eine Höhe von etwa 3000 km. Sie ist um das Zehnfache dichter und um das Fünffache heißer als bisher angenommen wurde. Ihre mittlere Temperatur (Geschwindigkeit der Ionen und Elektronen) liegt bei etwa 1000 Grad Celsius. Sie besitzt drei ziemlich scharf definierte Einzelschichten von verschiedener Dichte. Die höhere Temperatur der Ionosphäre glaubt man durch das Eindringen hoch-energetischer Partikel und durch hydromagnetische Wellen der Magnetosphäre des Jupiter erklären zu können.

Jupiters Magnetfeld

Mit Hilfe des Magnetometers von Pioneer 10 wurde festgestellt, daß die magnetische Feldstärke an der Wolkenober-schicht zehnmal stärker als das Erdmagnetfeld an der Oberfläche ist. Die Gesamt-energie des Jupitermagnetfeldes ist 400 Millionen mal so groß als das der Erde. Das innere Magnetfeld reicht bis in einen Abstand von etwa 1280000 km von der Wolkenschicht des Planeten an gemessen. Das äußere Magnetfeld hat einen Minimalabstand von 3,4 Millionen km und reicht auf der sonnenabgewandten Seite bis zu etwa 4,10 Millionen km. Im Gegensatz zur Erde ist das Magnetfeld anderspolig, ein irdischer Kompaß würde also immer in Richtung des Jupitersüdpols weisen.

Das innere Magnetfeld ist um 10 Grad von der Rotationsachse des Planeten abweichend, und das Zentrum dieses Feldes ist nicht – wie schon mitgeteilt – mit dem Zentrum des Planeten identisch. Es liegt etwa 2100 km nördlich des Planetenzentrums und 7740 km von der Rotationsachse in Richtung parallel des Äquators entfernt.

Wegen der Asymmetrie dieses Feldes konnte festgestellt werden, daß die Feldstärke an der Obergrenze der Wolkenschicht zwischen drei und zehn Gauß schwankt. Bei der größten Annäherung von Pioneer 10 (129600 km über der Wolkengrenze) konnte eine Feldstärke von 0,2 Gauß gemessen werden. (Die Magnetfeldstärke bei der Erde beträgt an der Oberfläche 0,35 Gauß). Dadurch, daß der Jupiter in 10 Stunden rotiert und das Feld 10 Grad außerhalb der Rotationsachse liegt, wechselt die Magnetfeldstärke, vom Raum aus gesehen, ständig in Stärke und Ausdehnung.

Die Strahlungsgürtel des Jupiter

Wie bei der Erde sind hochenergetische Teilchen durch das innere Magnetfeld des Jupiter eingefangen, die den inneren Strahlungsgürtel bilden. In dem schwächeren äußeren Magnetfeld sind Partikel des äußeren Strahlungsgürtels vorhanden. Sie wurden durch die Hochgeschwindigkeitsrotation des Magnetfeldes von Jupiter eingefangen. Zum anderen sind Teilchen wie bei den Strahlungsgürteln der Erde auf differenzierterem Wege in die Magnetosphäre des Jupiter gelangt. Diese Strahlungsgürtel haben die größte Intensität, die je durch Raumflugexperimente bei Himmelskörpern festgestellt worden sind. Die Gesamtenergie der Teilchen der Strahlungsgürtel des Jupiter sind mehrere millionenmal stärker als die Gesamtenergie der Teilchen der Strahlungsgürtel der Erde.

Auch vier der Jupitermonde liegen innerhalb des intensiven inneren Strahlungsgürtels. Sollte die Ansicht bestehen, einen bemannten Flug mit Landung auf einem dieser Jupitertrabanten zu wagen, so müßten neuartige Technologien entwickelt werden, um die Mannschaft vor der dort herrschenden intensiven Strahlung zu schützen. Für bemannte Landungen käme nur der vierte große Jupitermond in Frage.

Die hochenergetischen Elektronen des inneren Strahlungsgürtels besitzen Energien, die die der hoch-energetischen Protonen um das Hundertfache übertreffen. Ferner konnte festgestellt werden, daß dort die Zahl der hochenergetischen Protonen bedeutend geringer ist, als viele Wissenschaftler vorausgesagt hatten.

Bis zu 6,9 Mill. km reicht der äußere Strahlungsgürtel des Planeten. Sein Maximum hat er bei etwa 2,2 Mill. km. Die hochenergetischen Teilchen des äußeren Strahlungsgürtels bestehen hauptsächlich aus Elektronen. Ihre maximale Intensität ist einige hundertmal geringer als die der gleichen Teilchen des inneren Strahlungsgürtels. Wie Mitarbeiter der Universität von Chicago feststellten, gibt es über dem Äquator des Planeten über dem inneren und äußeren Strahlungsgürtel ein Gebiet, in dem Teilchen höherer Energie vorhanden sind.

Die größte Strahlungsenergie im inneren Strahlungsgürtel gibt es in der Äquatorebene des Jupiter-magnetfeldes. Es wird deshalb notwendig sein, bei der Planung weiterer unbemannter Raumfahrt-erkundungskörper diese Flugkörper den Planeten in der Nähe der Pole passieren zu lassen und dafür zu sorgen, daß diese Äquatorzonen relativ schnell durchflogen werden.

Den Ursprung der Teilchen des inneren und äußeren Strahlungsgürtels sieht man einmal in dem Solarwind, dessen Intensität im Jupiterabstand schon wesentlich geringer ist als im Erdbestand und auch in Teilchen, die aus der Ionosphäre des Planeten in diese Bereiche gelangen. Das betrifft sowohl Elektronen als auch Protonen.

Die Intensität der Elektronen des inneren Strahlungsgürtels, die durch Pioneer 10 gemessen worden sind, übertreffen die der irdischen Strahlungsgürtel in ihrem Maximum um das Zehntausendfache. Die Protonenintensität ist um das Mehrtausendfache größer. Man nimmt an, daß die Intensität vom Punkt der größten Annäherung in Richtung zur sichtbaren Wolkenschicht des Jupiter ständig ansteigt.

Ein Maximum der Protonenintensität konnte in 182000 km Entfernung festgestellt werden. Möglicherweise nimmt ihre Intensität mit der Zunahme des Abstandes von diesem Planeten ab. Die Sonde Pioneer 11, die diesen Planeten in 41600 km über der Wolkenoberschicht passieren soll, wird nähere Aufschlüsse über diesen Sachverhalt liefern. Die gemessene Strahlungsdosis liegt um das Hundertfache über der für Menschen als zulässig angesehenen. Sie lag schon bei Pioneer 10 etwa an der Grenze der Zulässigkeit für die elektronischen Systeme eines Raumflugkörpers. Die großen inneren Monde Io, Europa und Ganymed befinden sich — wie schon gesagt — innerhalb der intensiven Strahlung des Jupiter. Von ihnen wird — wenn sie ein Magnetfeld besitzen sollten — möglicherweise in der Zone intensiver Strahlung ein Teil der Strahlungspartikel aufgefangen.

Nach den Pioneer 10-Messungen beträgt die Strahlungsdichte in den intensivsten Strahlungsgürteln eine Milliarde Elektronen pro cm^2 und sec. Davon haben 90 Prozent Energien im Bereich von 3 bis 30 Millionen MeV. Bei Protonen im Energiebereich über 35 MeV konnte eine Flußdichte von 70 Millionen Teilchen pro cm^2 und sec festgestellt werden. Die Meßinstrumente der Sonde konnten niederenergetischeren Protonen wegen des starken Flusses der hochenergetischen Protonen nicht mehr registrieren.

Im äußeren Strahlungsgürtel konnte ein Fluß aller Elektronen im Bereich über 0,6 MeV von 3 Millionen pro cm^2 und sec festgestellt werden. Protonen mit Energien von mehr als 0,5 MeV fließen mit mehreren hunderttausend Teilchen pro cm^2 und sec.

Schockwellenfront des Jupiter

Wie bei der Erde, existiert auch beim Jupiter eine der Sonne zugewandte Schockwellenfront, die den größten Teil der mit mehr als 1,5 Mill. km/h anströmenden Teilchen des Sonnenwindes um die Magnetosphäre des Planeten herumleitet. Wie bei der Erde gibt es auch hier turbulente Regionen in der Schockwellenfront, die das Eindringen von Teilchen in die Magnetosphäre dieses Planeten ermöglichen. Die Ausdehnung der Schockwellen des Jupiter übertrifft alle bisher von anderen Planeten festgestellten Werte. Sie hat auf der sonnenbeschienenen Seite einen Abstand von 13200000 km. Auf der Nachtseite konnte diese Grenze sogar bis zu einem Abstand bis zu 26,4 Mill. km nachgewiesen werden. Der wirkliche Abstand wird wahrscheinlich noch bedeutend größer sein. Allein der festgestellte Wert macht z. B. 80 Prozent des Abstandes der Bahnen von Erde und Venus aus. Könnte man diese Schockwellenfront von der Erde aus visuell beobachten, würde sie einen Durchmesser von rd. 2 Winkelgrad um Jupiter haben und damit dem Vierfachen des scheinbaren Monddurchmessers entsprechen.

Magnetosphäre des Jupiter

Die Magnetosphäre Jupiters ist im Durchmesser um das Hundertfache größer als die der Erde, ihr Volumen beträgt das Millionenfache. Durch die schon erwähnte schnelle Rotation des Planeten ergibt sich ein relativ schneller Wechsel in der Ausdehnung und Wirkungsweise der Magnetosphäre. Sie pulsiert innerhalb kurzer Zeit um ein Drittel ihrer größten Ausdehnung. Dabei verändert sich z. B. der Abstand der äußeren Magnetosphäre von 7 bis auf 21,1 Mill. km. Während des Vorbeifluges von Pioneer 10 wurde innerhalb weniger Minuten eine Höhenänderung der äußeren Magnetosphäre um 6,7 Mill. km ermittelt.

Da die Magnetfelderzeugung im wesentlichen durch elektrische Ströme innerhalb des flüssigen Planetenkörpers induziert wird, ergibt sich eine Abnahme der magnetischen Feldstärke des allgemeinen Magnetfeldes von Jupiter vom Pol zum Äquator. Beim äußeren Magnetfeld spielen auch noch Einwirkungen der von dem Solarwind mitgeführten Magnetfelder auf das allgemeine Feld des Planeten eine Rolle.

Es ist zu hoffen, daß durch den Vorbeiflug von Pioneer 11 über die Magnetfeldstruktur Jupiters oder durch möglicherweise später eingesetzte Raumflugkörper, die in eine Jupiterumlaufbahn gelangen, mehr Klarheit über die wahre Struktur des Jupitermagnetfeldes zu erlangen ist.

Jupiter — eine Partikelstrahlungsquelle

Eine neue Entdeckung war die Tatsache, daß der Jupiter neben der Sonne in unserem Planetensystem eine weitere Quelle der Ausstrahlung hochenergetischer Teilchen (kosmischer Strahlung) ist. Diese hochenergetischen Teilchen werden, wie durch Pioneer 10 festgestellt, entlang der Feldlinien des Jupitermagnetfeldes beschleunigt und dann in den kosmischen Raum abgestrahlt. Bereits in einem Abstand von 224 Mill. km vom Zielplaneten konnten durch diese Sonde die abgestrahlten Teilchen festgestellt werden. Jupiter ist also auch eine Strahlungsquelle für sogenannten Sonnenwind, in diesem Fall „Jupiterwind“. Erdsatelliten hatten bereits Strahlungsteilchen festgestellt, deren Ursprung nicht im galaktischen Zentrum und nicht in der Sonne zu suchen war. Kaum hätte ein Wissenschaftler zu dieser Zeit die Hypothese aufzustellen gewagt, daß es sich dabei um vom Jupiter ausgestrahlte Partikel handelt. Auch nach dem Verlassen der Jupitersphäre konnten in rd. 704 Mill. km Abstand noch vom Jupiter stammende Teilchen festgestellt werden.

Literatur:

Tom Gehrels: The Flyby of Jupiter, Sky and Telescope Vol. 47 (1974) Heft 2 (Februar); Peter Waller: NASA-News, Special Report, A New Look at Jupiter, Nr. 74 — 238; Peter Waller: Pioneer 10 Jupiter Encounter, NASA-News, Press Kit, Nr. 73 — 243 K; Peter Waller: Pioneer, NASA-News, Press-Kit, Nr. 72 — 25; u. a. NASA-News.

Amateure beobachten und berichten

Bemerkungen zum Beitrag „Jupiter 1974“, Heft 4/75

H. ALBERT, H.-J. BLASBERG

C. P. Renschen und St. Ziemer haben mit der Darstellung ihrer Beobachtungsergebnisse erneut gezeigt, wie reizvoll und vielseitig systematische Jupiterbeobachtungen für den Amateur sein können. Welcher Fleiß und welche Ausdauer dazu aufgewandt werden müssen, geht schon aus dem Umfang des zur Auswertung herangezogenen Materials hervor. Beide Autoren zeigen auch (zwar nur indirekt), wie gründlich sie sich mit der Problematik des zu beobachtenden Objektes vertraut gemacht haben und welche Möglichkeiten sich mit dem gewählten Instrumentarium ausschöpfen lassen. In dieser Art an ein Beobachtungsvorhaben heranzugehen, sollte sich jeder ernsthaft beobachtende Amateur zum Grundsatz machen.

Natürlich bestimmen das Ziel des Beobachtungsprogrammes und die während der Beobachtungen gewonnenen Daten den Umfang und die Methode der Auswertung. Wer an die Auswertung geht, muß sich zuerst die Frage beantworten, ob sein vorliegendes Material sich für eine quantitative oder vorerst nur für eine qualitative Bearbeitung eignet. Es versteht sich, daß jeder Einzelbeobachtung eine gewisse Anzahl Fehler anhaftet, die oft erst innerhalb einer ganzen Beobachtungsreihe oder durch Vergleich mit möglichst vielen Parallelbeobachtern erkannt und dann eliminiert werden kann. Je kritischer man seine Beobachtungswerte betrachtet (und das sollten besonders die Beobachter tun, die sich einem neuen Beobachtungsobjekt zuwenden, an dem sie noch nicht genügend Erfahrung in der Praxis gesammelt haben), desto besser wird man vorläufige Schlüsse, unzutreffende Verallgemeinerungen vermeiden können. Generell sollte der Amateur die Regel beachten, daß die Interpretation gewonnener Ergebnisse das höchste und schwierigste Stadium der zu leistenden Arbeit ist und oft erst dann befriedigend möglich sein wird, wenn genügend Parallelbeobachter ihre Befunde mitgeteilt haben.

Offensichtlich sind die beiden Beobachter Renschen und Ziemer bei der Beurteilung ihrer Beobachtungsdaten doch nicht selbstkritisch genug gewesen und zu vorschnell an die Interpretation herangegangen, sonst hätte ihnen auffallen müssen, daß eine Positionsänderung des GRF von 15° in rund 30 Tagen und anschließender retrograder Änderung von 13° in nur etwa 15 Tagen doch sehr unwahrscheinlich ist (vgl. November bis Dezember 1974 in Abbildung 3 auf Seite 119). Infolge dieses Nichterkennens unterlaufener Fehler bei der Positionsbestimmung und des unterbliebenen Vergleichs mit den Ergebnissen anderer, mußte es zu einer Fehldeutung für das Verhalten des GRF kommen. Wie man sich in Heft 4/1975 dieser Zeitschrift überzeugen kann, fanden andere Beobachter diesen enormen Sprung des GRF nicht. Leider wird eine Wertung der Aussagen dadurch erschwert, daß die genauen Positionen fehlen, die man sich in einer weiteren Übersicht gewünscht hätte. Inwieweit nun die von den beiden Autoren gemachten bestimmten Angaben über die Intensitäten der Bänder und die Driftgeschwindigkeiten der WOS-Objekte zu Vergleichen herangezogen werden können, läßt sich von uns aus nicht beurteilen, da uns entsprechendes Material dazu fehlt. Es bleibt zu hoffen, daß in diesen Teilen nicht ebensolche Unsicherheiten auftreten.

Diese Bemerkungen sollen nicht die besprochene Arbeit der beiden Autoren abwerten. Im Gegenteil! Die Art der Anlage des Beobachtungsplanes, der gezeigte Eifer bei seiner Verwirklichung sowie der Mut, die gewonnenen Ergebnisse und gezogenen Schlüsse öffentlich zur Diskussion zu stellen, ließen uns die Arbeit für wert erscheinen, auf kritische Punkte darin hinzuweisen und zu zeigen, wie kritisch man seine Ergebnisse betrachten sollte und wie dringlich die Zusammenarbeit mit anderen Beobachtern ist.

Ein Leben für die astronomische Volksbildung

Zur 100. Wiederkehr des Geburtstages von Bruno Hans Bürgel am 14. 11. 1975

ARNOLD ZENKERT

Das von Bruno H. Bürgel verfaßte und 1910 erschienene Werk „Aus fernen Welten“ hatte nicht nur unter dem werktätigen Volk, dem diese Himmelskunde gewidmet war, sondern auch unter den Fachgelehrten Anerkennung und Beifall gefunden. Der bekannte Schweizer Anthropologe Hauser, der Ernst Haeckel im September 1916 besuchte, erzählt im „Berner Bund“:

„Vor ihm liegt des jungen Berliner Astronomen B. H. Bürgel Buch, in dem die vielen Lesezeichen und handschriftlichen Anerkennungen beweisen, wie sehr der Meister sich heute noch für alle Gebiete der Naturwissenschaft interessiert. Er empfahl uns das Buch als nützliche Lektüre: Organisches und Anorganisches sind eins ...“

Kurze Zeit später erhielt Bürgel ein Paket mit einigen Werken des großen Forschers, eines davon trug die Widmung:

„Herrn Bürgel, dem denkenden Astronomen, dem verdienstvollen Verfasser der besten volkstümlichen Himmelskunde. Mit bestem Dank für genüßreiche Belehrung. Ernst Haeckel, Jena, 6. 10. 1916.“

Bürgel sah darin eine kleine Verbeugung, „die der König dem Kärner macht“. Es war der Beweis für die Richtigkeit des Weges, den Bürgel mit diesem Buch eingeschlagen hatte, und es war das so wichtige Lob eines Berufenen. Bürgel hatte damit die Fackel ergriffen, um die „heilige Flamme der Wissenschaft durch das Land, in Dörfer und Hütten zu tragen“, wie es einmal Gustav Freytag ausdrückte.

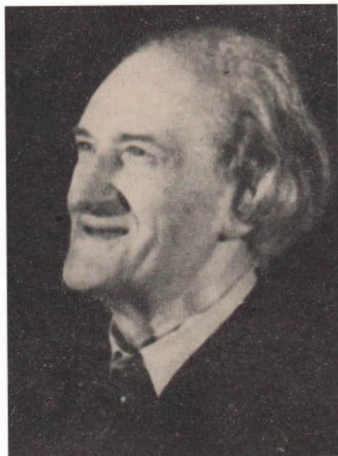
Noch nie hatte jemand so fesselnd und anschaulich über die Himmelskunde geschrieben und noch nie hatte jemand so belehrend unterhalten und von den Schönheiten des Alls berichtet. Es war ein Erfolg, der für Bürgels späteres Leben richtungweisend werden sollte. Es gibt viele heute ältere Menschen, die durch dieses Buch ihren Weg zur Astronomie gefunden haben, sei es beruflich oder als Amateure.

Bürgel war damals seit etwa einem Jahrzehnt durch seine redaktionellen Arbeiten in Zeitschriften und Sammelwerken sowie durch Feuilletons nicht mehr ganz unbekannt. Neun Jahre später kam seine Autobiographie heraus, in der er seinen schweren Lebensweg schilderte, wie er gemäß dem Leitsatz „Per aspera ad astra“ gleichsam zu den Sternen emporgestiegen war.

Bürgel wurde in einer Zeit geboren, als sich Berlin, seine Heimat, zu einer Millionenstadt mit all ihren ökonomischen und sozialen Problemen der kapitalistischen Gründerzeit entwickelte. Seine Mutter Luise E. Sommer, die als Näherin arbeitete, erlag bald einem Lungenleiden. Sein leiblicher Vater, der bekannte Archäologe und Faust-Interpret Geheimrat Prof. Dr. Adolf Trendelenburg, hat sich nie zu seinem Sohn bekannt. Der Schuhmacher Gustav Bürgel und dessen Frau adoptierten den zwei-

jährigen Jungen. Mit 8 Jahren kam der Junge in die ländliche Umgebung im Norden Berlins, und seine Phantasie konnte sich hier mit der Natur und dem gestirnten Himmel beschäftigen. Seine Pflegeeltern bewohnten das „graue Elend“, eine ärmliche Mietskaserne, und so kam der Junge oft mit den harten Problemen des Alltags in Berührung.

Groß mag auch seine Enttäuschung bei der Schulentlassung gewesen sein, als ihm die Eltern auseinandersetzen, daß der Besuch einer höheren Schule nicht möglich sei und er jetzt Geld verdienen müsse. Der Werdegang eines jungen und begabten Menschen war unter den damaligen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen überaus schwer. Der Arbeiter war — von den bescheidenen



Möglichkeiten der Arbeiterbildungsvereine abgesehen — von Bildungsmöglichkeiten fast ausgeschlossen. Von den drei Mark, die ihm von seinem Lohn verblieben, mußte Bürgel sich kleiden und die notwendigen Dinge des Alltags anschaffen. Jahrelang legte er täglich einen Fußmarsch von drei Stunden zurück, um die 60 Pfennige Fahrgeld in der Woche zu sparen und sich Bücher davon kaufen zu können.

Ein Reclam-Bändchen mit dem Titel „Auf der Sternwarte“ von Dr. M. W. Meyer, dem damaligen Leiter der Urania-Sternwarte in Berlin, mag auf seinen künftigen Lebensweg einen entscheidenden Einfluß genommen haben. Mit einem ganz einfachen Instrument begann er Himmelsbeobachtungen. Eine wirtschaftliche Krise hatte zahlreiche Arbeitsentlassungen zur Folge, und auch Bürgel verlor seinen Arbeitsplatz. Eines Tages faßte er den Entschluß, an den Leiter der Urania-Sternwarte zu schreiben und ihm seine Dienste anzubieten. Man stelle sich einmal den Mut und die Entschlußkraft dieses kaum Neunzehnjährigen vor! Keine Ausbildung, weder Abitur noch ein Studium, befähigten ihn nach den geltenden Bestimmungen zu einer Mitarbeit in einer solchen Einrichtung. Was er jedoch besaß, war eine grenzenlose Begeisterung für die Astronomie und ein für sein Alter erstaunliches autodidaktisch erworbenes Wissen.

Die entscheidende Wende in seinem Leben trat ein, als der „Urania-Meyer“ ihn aufforderte, ihn zu besuchen und alle seine Arbeiten und Instrumente mitzubringen, um den jungen „Arbeiter-Astronomen“ kennenzulernen. Der warmherzige und verständnisvolle Gelehrte, der selbst eine schwere Jugendzeit durchlebt hatte, gab Bürgel eine kleine Funktion mit dem bescheidenen Monatsgehalt von 50 Mark. Bürgel nutzte jede Gelegenheit, um sich in dieser vorbildlichen Volksbildungsstätte weiter zu bilden und in der Sternwarte praktisch zu betätigen. Dort lernte er auch Gelehrte kennen, deren Hilfe er zu schätzen wußte: den Geologen Schwahn, den Physiker Donath und den Privatgelehrten und Schriftsteller Adolf Heilborn, mit dem ihn bis zu dessen Tode eine tiefe Freundschaft verband.

Diese Zeit war für ihn auch eine Lehrzeit über die geistige Not der Arbeiterklasse und die Überheblichkeit und den Dünkel mancher Gebildeter:

„Vom Gelehrten hatte ich eine hohe, eine zu hohe Meinung. Wissenschaft war für mich gleichbedeutend mit dem Streben nach höchster Erkenntnis, nach Wahrheit, die von selbst Gerechtigkeit in sich schließt. — Ich fand Dünkel, Überheblich-



Bürgels Arbeitszimmer

keit und Mangel an Herzlichkeit. Ich fing an, die Leute zu verachten. ... Zwischen Wissen und Herzensbildung bestand selten ein Zusammenhang. Gelehrte Leute waren oft unvornehme Leute! Man kann von ungebildeten Gebildeten sprechen!"

Bürgel war nicht immer frei von Pessimismus, und es wuchs deshalb in ihm der Wunsch, positive Gedanken auszusprechen, sie unter die Menschen zu bringen und allen die Fortschrittmöglichkeiten deutlich vor Augen zu führen. So schrieb er in seiner Biographie:

„Hatte ich schon als junger Arbeiter empfunden, daß viele Zustände unter meinen Klassengenossen nur durch ihre geistige Unreife hervorgerufen wurden, so hatte ich nun, beim Wachsen meines Horizontes und bei Verkehr mit anderen, entwickelteren Bevölkerungsschichten immer deutlicher erkannt, daß ein nicht unerheblicher Teil der Lösung der sozialen und politischen Frage von der Durchbildung der Volksmassen abhängt ... Mehr Aufklärung, mehr Bildung fehlte überall. Eine großzügige Weltanschauung mußte als Unterbau für politische und wirtschaftliche Fortbildung geschaffen, den Volksmassen zugänglich gemacht werden. ... Daß in dieser Beziehung nicht zur rechten Zeit mehr geschehen ist, muß als eine schwere Schuld des alten Systems bezeichnet werden. Der ‚Unverstand der Massen‘ (auch der bürgerlichen!) ist immer bedingt durch den Mangel an Erkenntnis. ... Ich habe damals schon viel über die Probleme der Volksbildung nachgedacht. Naturgemäß reizte es mich als früheren Arbeiter, gerade zu Arbeitern in Wort und Schrift über Fragen solcher Art zu sprechen.“

In der Urania-Sternwarte lernte er bald die Herausgeberin der russischen literarisch-populärwissenschaftlichen Zeitschrift „Mir Boshi“ (Gottes Welt), Frau Dawidow, kennen, die dem aufgeweckten jungen Mann den Auftrag gab, für dieses Blatt eine Arbeit über den Planeten Mars zu liefern. Dieses Erfolgserlebnis, mit dem auch eine seine Erwartungen übertreffende Honorierung verbunden war, ermutigte Bürgel, es weiterhin auf literarischem Gebiet zu versuchen.

Der nächste Artikel erschien im „Vorwärts“, dessen Redakteur damals Wilhelm Liebknecht war. Bürgel berichtete darüber:

„In seiner geraden, biederen Art tat er (W. Liebknecht, d. Verf.) das mit den Worten: ‚Junger Mann, die Gedanken sind gut, und alles ist klar und verständlich, aber mit der Orthographie hapert es noch da und dort. Na, das wird schon besser werden. Hier sind zwanzig Mark.“

In die Zeit seiner Tätigkeit an der Urania-Sternwarte fällt der Beginn der Mitarbeit beim Verlagshaus Bong. Ab 1898 wird er ständiger Mitarbeiter bei der eben erst gegründeten „Berliner Morgenpost“. Bald zählt er auch zu den naturwissenschaftlichen Redakteuren der Zeitschrift „Zur guten Stunde“. Auch die vom Verlagshaus Bong herausgebrachte Zeitschrift „Für alle Welt“, ebenfalls eine illustrierte Familienzeitschrift, veröffentlichte eine Reihe von Beiträgen aus der Feder Bürgels.

Bürgel hatte nun zweifellos seine literarisch-populärwissenschaftlichen Fähigkeiten erkannt. Auf eigenen Wunsch schied er aus der Urania-Sternwarte aus. Die Bescheinigung vom 28. Februar 1900 erwähnt, daß er zu „Dienstleistungen auf der Sternwarte der Gesellschaft Urania in der Zeit vom 1. Oktober 1894 bis zum heutigen Tage herangezogen worden ist, und sich im Umgang mit den Besuchern des Institutes wie in der Behandlung der Instrumente die volle Zufriedenheit seiner Vorgesetzten erworben hat.“

Nach der Jahrhundertwende begann er eine rege schriftstellerische und redaktionelle Tätigkeit bei verschiedenen Zeitschriften („Mutter Erde“, „Die Gegenwart“, „Kosmos“) sowie Sammelwerken („Die Wunder der Natur“ u. a.). Wenig bekannt ist, daß Bürgel in dieser Zeit eine Reihe zumeist lyrischer Gedichte verfaßte, von denen hier das „Rätsel für meine Liebste“ (1906), erstmals veröffentlicht werden soll.

Ich kenne einen tiefen See
Von dunklen Tannen hoch umstellt,
Drin spiegelt sich mein Angesicht
Und eine schöne stille Welt.

Ich kenne einen hellen Stern,
Nur Liebe flammt in seinem Schein;
Und trübt ein Wölkchen seinen Strahl
Zieht Wehmut mir ins Herz hinein.

Und See und Stern, Du kennst sie wohl
Dein Herz gibt ihnen all ihr Licht
Wie leuchtet jetzt ihr warmer Schein
In deinem lieben Angesicht.

Seine schriftstellerische und redaktionelle Arbeit führte ihn mit dem Direktor der alten königlichen Sternwarte zu Berlin, Geheimrat Wilhelm Foerster, zusammen. Dieser ebnete ihm den Weg zum Besuch der Universität. Im Alter von 28 Jahren hörte Bürgel an der Berliner Universität eine Reihe Semester naturwissenschaftliche und philosophische Vorlesungen bei den Astronomen Foerster, Scheiner und Markuse, den Physikern Lummer und Starke, dem Meteorologen Börnstein und den Philosophen Menzer, Lasson und Dessoir. Im Archiv der Bürgel-Gedenkstätte Potsdam befinden sich mehrere Fotokopien der sorgfältig geführten Vorlesungsskripten aus dieser Zeit.

Bürgel war auch sehr guter Beobachter der Zeit und ihrer Menschen. Vorurteilen tritt er entschieden entgegen und mit dem Ständesdünkel der „gebildeten Kreise“ rechnet er scharf ab. Aus seinen Lebenserinnerungen „Vom Arbeiter zum Astronomen“ sei hier eine Stelle angeführt, die seinen klaren Blick für die gesellschaftlichen und sozialen Verhältnisse kennzeichnet:

„Einen großen Eindruck machte es auf mich, wie außerordentlich fleißig und gewissenhaft die weiblichen Studierenden bei der Sache waren. Auch der Blinde sah, daß sie darin die männlichen Hörer bei weitem übertrafen. Sie waren mir schon deshalb sympathisch, diese Frauen, weil auch sie lange genug durch zopfige Bestimmungen vom Studium ferngehalten wurden. – Allen voran aber stand die russische Studentin. Trotz ihrer meist großen Schönheit armselig gekleidet, unglaublich geduldig, von eisernem Fleiß, geistvoll und mitten im gefährlichen politischen Kampf. Das erste Weib, das mir tiefe Achtung abtrotzte, wenn ich es verglich mit den verputzten oberflächlichen Mädchen, die da überall Unter den Linden umherwimmelten, und zwischen denen die Russinnen wie unscheinbar graue Nachtfalter ernst ihres Weges zogen. All das interessierte mich stark, und ich habe zu jener Zeit einen tiefen Einblick getan in die unglaublich armseligen Lebensverhältnisse dieser unter schwierigsten Bedingungen studierenden Menschen des Reiches im Osten. Der geringste Erdarbeiter hätte es abgelehnt, so zu wohnen, zu essen wie jene russischen Studenten männlichen und weiblichen Geschlechts. Aber ein heiliges Feuer glomm in ihnen, ließ sie einander mit einer wahrhaft großzügigen Brüderlichkeit aushelfen. Menschen von seltener Eigenart – viele jüdischen Glaubens waren darunter – und sie alle einte nicht nur das Studium, nicht nur Armut, Rasse und Volksgemeinschaft: ein Wille und ein Streben schmolz sie zusammen, der, das Rußland der Knote, der Dunkelheit, des Zarentums zu befreien und einem großen Volke die Freiheit und das Licht zu bringen. Ich empfand eine hohe Achtung vor diesen „Schnorrern und Verschwörern“, die der speichelleckende Polizeigast preußischer Politik dem Väterchen Zar nach der russischen Revolution wieder in die Hände spielen ließ, zu beliebiger Verwendung. Kein Wunder, daß diese Kreise, als das Zarentum gestürzt war, mit wütender Energie ein Preußentum bekämpften, das ihnen so verhängnisvoll geworden war! –“

Inzwischen hatte Bürgel geheiratet und eine Familie gegründet. Die folgenden Jahre arbeitete er vorwiegend schriftstellerisch. 1910 schrieb sein einstiger Lehrer Dr. M. W. Meyer, der „Urania-Meyer“, kurz vor seinem Tode u. a. an Bürgel:

„... und, wenn ich auch leider sagen muß, daß ich persönlich nur einen so geringen Einfluß auf Sie nehmen konnte, so bin ich doch davon überzeugt, daß meine Lebensarbeit ganz im Allgemeinen mit befruchtend auf Sie wirkte und so bin ich glücklich, Sie meinen hervorragendsten Schüler zu nennen. Nun müssen Sie auch die Idee der Urania fortführen. Es kann kein anderer wie Sie, Ruhen Sie nicht. Machen Sie noch etwas viel, viel Schöneres als ich es vermochte. Sie können es, Was ich zu helfen vermag, tue ich gern. Sie wissen es ... Sie sind noch jung. Sie werden erreichen, was Sie wollen, wenn Sie die Augen aufhalten und – warten. Wenn ich's nicht mehr erlebe, so schadet's nicht viel. Die Urania-Idee hat einen Jünger in Ihnen ...“

Nach 15jähriger Tätigkeit als Redakteur verschiedener Zeitschriften, Berater in wissenschaftlichen und technischen Fragen sowie als Herausgeber populärwissenschaftlicher Werke scheidet Bürgel im Januar 1919 aus dem Deutschen Verlagshaus Bong & Co., Berlin, aus.

„Durch den Krieg und die letzten Umwälzungen sind Verhältnisse eingetreten, die auch in unserem Hause Veränderungen bedingen; und so können wir unter den heutigen Verhältnissen Herrn Bürgel eine seiner Person und seinen Fähigkeiten entsprechende Position nicht bieten. Mit dankerfülltem Herzen, aber auch mit großem Bedauern sehen wir Herrn Bürgel aus unserem Hause scheiden.“ – heißt es in dem Zeugnis des Verlages.

Kaum 44jährig verfaßte er seine Lebensbeschreibung „Vom Arbeiter zum Astronomen – Der Aufstieg eines Lebenskämpfers“. Dieses Buch ist nicht nur eine eindrucksvolle Schilderung seines schweren Lebensweges vom Proletariatskind, vom Fabrikarbeiter zum Schriftsteller und zum astronomischen Volksbildner. Es ist auch eine Auseinandersetzung mit seiner Umwelt in einem Land, in dem Technik und Wissenschaft einen großen Aufschwung nahmen, während sich unter den gesellschaftlichen Bedingungen des Kapitalismus und Imperialismus die ökonomischen Widersprüche und die sich aus ihnen ergebenden sozialen und moralischen Probleme vergrößerten. Im Vorwort dieses Buches heißt es u. a.:

„... So will ich – indem ich meinen Lebensweg schildere – den gehobenen Gesellschaftsschichten zeigen, wie die Welt von dem beurteilt wird, der gezwungen ist, sie aus dem Fenster einer dumpfen Kellerrwohnung des Hinterhauses zu betrachten, will zeigen, wie der junge Arbeiter zum Sozialismus kommt, wie er fühlt, wie er handelt. – Dem Arbeiter aber will ich sagen, daß die bürgerliche Welt denn doch nicht ganz so aussieht, wie man sich als Arbeiter vorstellt, ...“

Der Widerhall dieses Buches war groß; Bürgel, der inzwischen nach Babelsberg übersiedelt war, erhielt eine Vielzahl von Zuschriften, namentlich aus den Kreisen der Arbeiterschaft.

In seinem Leben begann jetzt eine schaffensreiche Periode. Bücher, Feuilletons und Vorträge, später auch Rundfunksendungen, füllten seinen Tageslauf aus. Bürgel verfügte jetzt auch über die Mittel, sich 1927 ein Haus bauen zu lassen, von dessen Balkon aus er mit seinem Refraktor 175/2610 den Sternhimmel beobachtete und mit Freunden über die fernsten Welten plauderte und philosophierte. In mehr als 300 Städten hielt er rund 2000 Volksbildungsvorträge, über die die Presse in Rezensionen begeistert berichtete.

Nach der „Machtergreifung“ Hitlers erkannte Bürgel bald die Gefahren für seine publizistische Tätigkeit. 1934 äußerte er in einem Brief:

„... Die Zeit ist voll Sorgen für mich, jetzt kann mir das neue Schrifttellersgesetz leicht den Hals brechen. Auf das Können kommt es nicht mehr an! ... Es wäre alles besser zu ertragen, wenn mehr Wärme um mich wäre! – Dr. Herz muß am 1. 1. gehen! ... Das Buch „Weltanschauung“ wagt Ullstein nicht mehr zu propagieren! ...“

Gemeint war das Buch „Die Weltanschauung des modernen Menschen“.

Bürgel litt sehr unter dem sich immer mehr ausweitenden Krieg und dessen Zerstörungen an Menschen und Kulturgütern. Fast wöchentlich erschien ein Feuilleton aus der Feder Bürgels über Astronomie, Naturwissenschaft und Technik sowie über Fragen der Philosophie und des menschlichen Zusammenlebens. Eine große Leserschaft verstand sehr wohl, daß diese Beiträge von einem anderen Geiste waren als die vielen anderen in jener Zeit der Lüge und Gewalt. Wenn Bürgel den gestirnten Himmel beschrieb und den Menschen in das Geschehen der Natur einzuordnen versuchte, versanken das „Tausendjährige Reich“ und seine Autoritäten in die Bedeutungslosigkeit. Die Menschen verstanden seine Sprache, deshalb verfielen auch manche seiner Arbeiten damals der Zensur.

Hunderte von Briefen zeugen von Anerkennung und Verehrung einer begeisterten Leserschaft. Immer wieder wurde Bürgel nach dem Sinn des Lebens gefragt, um Worte des Trostes gebeten, wenn Angehörige im Krieg umgekommen waren. Durch seine laienphilosophischen Bücher weit bekannt, war Bürgel zu einem seelischen Helfer und Ratgeber geworden. Oft erhielt er Briefe von erschütternder Tragik, und es war für ihn gewiß nicht leicht, immer eine Antwort zu finden, wie die Fragenden sie erhofften.

Hans Blach z. B., ein jüdischer Bürger aus Berlin, der kurz vor seiner Deportation in ein KZ stand, wandte sich in einem Schreiben vom 16. 6. 1942 hilfesuchend an Bürgel:

„... Es kann doch aber nicht sein, daß mit noch nicht 25 Jahren ein Leben schon so hoffnungslos gehen soll. „Menschenbrüder“ – es ist eines Ihrer Worte – sagten uns Hilfe in der Verpflegung zu, wenn es uns gelänge, hierzubleiben ... Doch es geht um unser Leben und so bitte ich Sie nur, lieber Herr, ob es Ihnen möglich ist, uns zu einem noch so primitiven Unterkommen zu helfen ... Alle meine Hoffnungen gehen mit diesem Brief ...“

Hans Blach wurde wie Millionen anderer rassistisch Verfolgter vom Terrorssystem des Faschismus ermordet.

Nach der Zerschlagung des Faschismus stand Bürgel, der inzwischen 70 Jahre alt geworden war, beim kulturellen Aufbau in vorderster Reihe. Er war Mitbegründer des Kulturbundes und gehörte bis zu seinem Tode der Landesleitung Brandenburg an. Am gesellschaftlichen Leben nahm er regen Anteil und war im Präsidium des Deutschen Volksrates tätig. Seine drei letzten Lebensjahre waren mit umfangreichen schriftstellerischen Arbeiten sowie mit Vorträgen ausgefüllt. Sein Schaffen war durchdrungen von der Hoffnung auf ein schöneres und besseres Leben. So schrieb er:

„Wenn der Mensch überhaupt eine Aufgabe auf diesem die Sonne umwandelnden Planeten hat, dann ist es die, unser ganzes Geschlecht vorzubringen, mitzukämpfen für den Fortschritt, für den Aufstieg, für ein Zeitalter des Wahren, Schönen, Guten.“

In seinem Glückwunschschreiben zu Bürgels 70. Geburtstag am 14. 11. 1945 hat Otto Grotewohl in ergreifenden Worten auf Bürgels langjährigen Einfluß verwiesen:

„... Schon in den vielen Nächten, die ich als Buchdruckerlehrling bei einem Kerzenstummel meinen Studien widmete, waren Ihre Bücher immer um mich. Groß war Ihr Einfluß, den Sie auf meinen ganzen inneren Entwicklungsgang, ohne daß wir persönlich voneinander wußten, genommen haben. Ihrem Einfluß und Ihrer Lehre verdanke ich es, wenn es mir gelingt, die richtige Relation von mir selbst zu den Dingen zu finden ... Wieviel Trost und Mut habe ich in oft bitteren und traurigen Stunden letzten Endes Ihnen zu verdanken gehabt ...“

In seiner bescheidenen Art bezeichnete Bürgel sein Lebenswerk als seinen „Weinberg“, in dem er gewirkt und geschafft hat. Von 1907 bis 1947 hat er 22 Werke verfaßt, die bis zum heutigen Tage eine Gesamtauflage von rund 5 Mill. Exemplaren erreicht haben, abgesehen von den in englischer, französischer, spanischer, russischer, tschechischer, holländischer, ungarischer, italienischer und rumänischer Sprache erschienenen Ausgaben.

Nach kurzer, schwerer Krankheit verschied Bürgel am 8. Juli 1948 in seinem Heim, Potsdam-Babelsberg, Merkurstraße 10. Unter großer Anteilnahme wurde er am 12. Juli auf dem Friedhof Goethestraße beigesetzt. Wilhelm Pieck und Otto Grotewohl würdigten in einem Schreiben im Namen der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an die Hinterbliebenen seine Verdienste:

„... Bürgel war das überragende Beispiel eines Menschen, der sich in entsagungsvoller Arbeit vom Fabrikarbeiter zum geachteten Fachgelehrten emporgerbeitet hat. Wir wissen um die Not der proletarischen Intelligenz, die in schlaflosen Nächten die Höhen exakter Wissenschaft zu erklimmen sucht. Diese Not hat Bruno H. Bürgel frühzeitig in die Reihen der sozialistischen Arbeiterbewegung geführt. Viele, denen der Weg zu höheren Bildungsstätten verschlossen war, haben dem Arbeiterastronomen Bruno H. Bürgel ihr Wissen von der Welt der Sterne zu danken. Am Vortragspult wie am Schreibtisch war es ihm darum zu tun, dem werktätigen Menschen den Blick für die großen Zusammenhänge im Ablauf der Natur und des Lebens zu schärfen ... Seinen Romanen und Lebensweisheiten ist der humanistische Grundzug eigen, der alle wahrhaft großen schöpferischen Menschen auszeichnet.“

Die Bundesleitung des Kulturbundes widmete ihm folgenden Nachruf:

„Der Kulturbund verliert in Bruno H. Bürgel einen aufrichtigen Freund und aktiven Mitarbeiter, der trotz seines hohen Alters seine ganze Kraft dem Aufbau und Ziel des Kulturbundes widmete, dessen Mitbegründer er im Land Brandenburg war und dessen Landesleitung er bis zuletzt angehörte. Als Astronom und Schriftsteller war er wie nur selten einer im wahrsten Sinne volkstümlich. Das beweisen allein die hohen Auflagen seiner Bücher, von denen „Der Mensch und die

Sterne“ und „Anfang und Ende“ im Aufbau-Verlag verlegt wurden. Sein Buch „Vom Arbeiter zum Astronomen“ gibt ein fesselndes Bild seines eigenen Lebensweges aus dem ärmsten Viertel Berlins zum sozialistischen Schriftsteller und Wissenschaftler. Sein Kampf für Freiheit, Demokratie und Menschlichkeit fand Ausdruck in allen seinen Schriften und Vorträgen, die eine große Gemeinde um ihn versammelten ...“

Wie kaum ein anderer verstand es Bürgel, die schwierigsten Sachverhalte der Astronomie und anderer Naturwissenschaften in volkstümlicher Weise den werktätigen Menschen darzulegen und allen verständlich zu machen. Besonders die Jugend lag ihm am Herzen. Ein ganz großer Erfolg wurden die beiden Ulebhule-Bücher mit ihren naturwissenschaftlichen Märchen.

In seinen zahlreichen kulturgeschichtlichen, ethischen und laienphilosophischen Beiträgen wurden auch oft Grenzgebiete betreten, die sich mit dem Dasein, dem Sinn des Lebens sowie der kosmisch-philosophischen Eingliederung des Menschen und der Erscheinungen befaßten. In seiner Weltanschauung war er nicht frei von idealistischen Auffassungen und von undialektischer Methodik. Bürgel war jedoch stets von der Kraft des Menschen, vom „bewußten Lebenskämpfer“ überzeugt, der für Wahrheit, Freiheit, Fortschritt und Gerechtigkeit eintritt. Doch ist es meist der Einzelkämpfer, der sich zwar redlich um den gesellschaftlichen Fortschritt bemüht, jedoch losgelöst von seiner Klasse. Durch all seine Werke aber zog sich eine zutiefst humanistische Gesinnung.

Wirtschaftliche Krisenzeiten und die sich daraus ergebenden Probleme waren der Grund dafür, daß wir bei dem Dichterastronomen auch pessimistische Züge antreffen. Der Mensch als ein winziges Stäubchen auf dem Erdenball, ohnmächtig gegenüber dem Walten der Natur, wir als „zitternde Vögel im Weltenbaum“ kennzeichnen — wie z. B. in „Zeit ohne Seele“ — diese Seite Bürgels.

Bürgel hat ohne Zweifel als einer der bedeutendsten Popularisatoren die Astronomie im wahrsten Sinne „volkstümlich“ gemacht. Längst sind die einstigen Vorbehalte der Fachastronomen überwunden, die Stellung der Wissenschaft innerhalb der Gesellschaft hat sich entscheidend geändert. Zahlreiche Fachwissenschaftler bestätigen, welchen Einfluß die Bücher und Schriften Bürgels auf ihren beruflichen Entwicklungsgang genommen haben.

Bürgels Wunschtraum nach einer umfassenden astronomischen Bildung des Volkes ist dank der bildungspolitischen Maßnahmen unseres sozialistischen Staates weitgehend verwirklicht worden: Ein dichtes Netz von etwa 140 Schul- und Volkssternwarten, mehr als 20 Planetarien, obligatorischer Astronomieunterricht in der 10. Klasse unserer Oberschulen, ferner eine aktive außerunterrichtliche Tätigkeit sowie die Betätigung von Amateurastronomen in den Fachgruppen des Kulturbundes der DDR dokumentieren diese Ergebnisse. In der Bürgel-Gedenkstätte des Astronomischen Zentrums Potsdam, das den verpflichtenden Namen des Arbeiterastronomen Bürgel trägt, wird Bürgels Lebenswerk in unmittelbarer Nähe der astronomischen Volksbildungsarbeit geehrt, der Bürgel sein ganzes Leben gewidmet hatte.

Bürgels Werke:

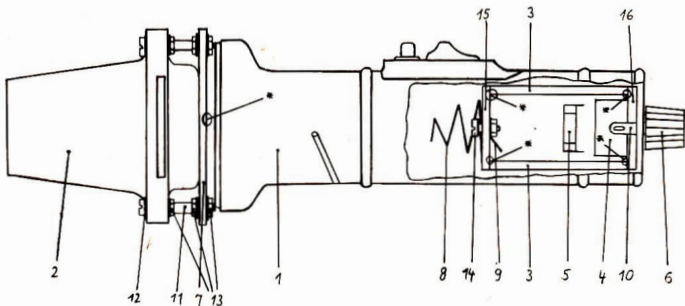
Himmelskunde, 1907 (Im Rahmen eines Sammelwerkes erschienen); Aus fernen Welten, 1910; Der Komet Halley, 1910 Vom Arbeiter zum Astronomen, 1919; Die seltsamen Geschichten des Doktor Ulebhule, 1920; Der Stern von Afrika, 1921; Gespenster, 1921; Menschen untereinander, Die Zeit ohne Seele, 1922; Du und das Weltall, 1923; Im Garten Gottes, 1924; Weltall und Weltgefühl, 1925; Doktor Ulebhules Abenteuerbuch, 1928; Die Weltanschauung des modernen Menschen, 1932; Die kleinen Freuden, 1934; Sterne über den Gassen, 1936; Hundert Tage Sonnenschein, 1940; Vom täglichen Ärger, 1941; Saat und Ernte, 1942 (Spätere Auflagen erschienen unter dem Titel „Anfang und Ende“); Der Weg der Menschheit, Der Mensch und die Sterne, 1946; Die Fackelträger, 1947.

Betrachtungsgerät für astronomische Umgebungskarten in Dia-Form (BAUD)

PETER WOLFF, JOACHIM NERNN

Im folgenden Beitrag wird ein selbsthergestelltes BAUD und seine Anwendung in der Amateurastronomie beschrieben. Die wichtigsten Grundsätze für den Selbstbau werden angegeben. Die Anregung ist auch für die Öffentlichkeitsarbeit an Volks- und Schulsternwarten geeignet.

Anlaß für die Herstellung des BAUD war die Unfähigkeit, sich Umgebungskarten von veränderlichen Sternen so gut einzuprägen, daß der Veränderliche ohne Zuhilfenahme der Umgebungskarten am Fernrohr aufgefunden werden konnte. Durch das Aufleuchten einer Taschenlampe wurde das dunkeladaptierte Auge jedesmal empfindlich geblendet. Erschwerend kam die Verwendung eines Zenitspiegels hinzu, der ja zusätzlich ein höhenverkehrtes Bild liefert.



* geklebt

Abb. 1: Gesamtdarstellung des Betrachtungsgerätes.

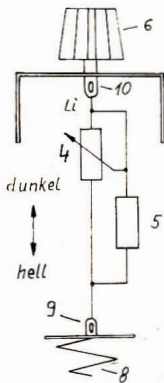
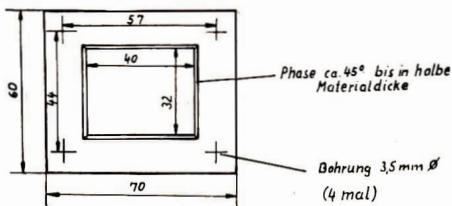


Abb. 3, oben: Schema der Einzelteilanordnung.



*) Klebestellen

Grundplatte 3 mm dick
Teil 7

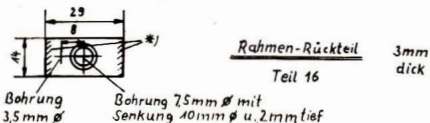
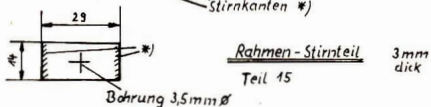
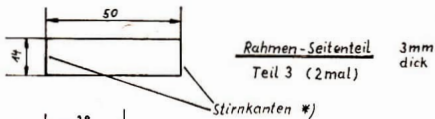


Abb. 2, rechts: Hartpapierteile des Betrachtungsgerätes.

Die aus den genannten Ursachen auftretenden Behinderungen und Ärgernisse bei der Beobachtung veränderlicher Sterne wurden als so gravierend empfunden, daß Abhilfe geschaffen werden mußte. Folgende Forderungen sollten gleichzeitig erfüllt werden:

1. Deckungsgleiches Übereinstimmen der Umgebungskarte mit dem Fernrohrbild, unabhängig von der Stellung des Fernrohrs bzw. des Zenitspiegels.
2. Kein Blenden des dunkeladaptierten Auges.
3. Batteriebetrieb, um auch außerhalb des eigentlichen Beobachtungsraumes die Verwendung zu gewährleisten.
4. Sicherheit gegen Wegrollen beim Ablegen.
5. Verwendbarkeit auch bei starker Taubildung.
6. Leichte und handliche Ausführung, um das Gerät auch bei Frost noch bedienen zu können.
7. Prinzipielle Möglichkeit der Montage direkt neben dem Okular eines mittleren Fernrohrs.
8. Niedrige Kosten und mit normalem Bastlerwerkzeug herstellbar.

Die im folgenden beschriebene Variante eines BAUD erfüllt die vorstehend genannten Forderungen gut. Frühere Varianten wiesen immer einige Mängel auf.

Die zwei wesentlichsten Grundbestandteile sind:

- ein Dia-Betrachtungsgerät, Typ „Malipit“ (Preis etwa 3,— M),
- eine Stableuchte für zwei Monozellen.

Die Aufgabe besteht darin, den „Malipit“ vor dem Parabolspiegel der Stableuchte zu befestigen und an die Stelle der hinteren Monozelle ein Potentiometer (Entbrummer) zur Helligkeitsregelung einzubauen. Die zu treffende Anordnung aller Bauteile geht aus der in Abb. 1 gegebenen Gesamtansicht hervor.

Hinweise zur Herstellung der Einzelteile und zu deren Montage

In Abbildung 2 sind die aus Hartpapier herzustellenden Einzelteile dargestellt: die Grundplatte (7), die zur Befestigung des „Malipit“ an der Frontscheibe der Stableuchte benötigt wird und der Rahmen, der an die Stelle der hinteren Monozelle gesetzt wird. Der Rahmen besteht aus zwei Seitenteilen (3), dem Stirnteil (15) und dem Rückteil (16). An ihm werden das Potentiometer (4), der feste Widerstand (5) und die Kontaktfeder (8) montiert. Es empfiehlt sich, als Klebemittel den Zweikomponentenkleber „Epsol 11“ zu verwenden.

Zuerst werden die Hartpapierteile (Abb. 2) angefertigt. Der Rahmen, aus den Teilen (3), (15) und (16) bestehend, wird geklebt. Teil (3) ist doppelt anzufertigen. Zu beachten ist, daß sich die Senkung des Teiles 16 innerhalb des Rahmens befinden muß. Die Grundplatte (7) wird direkt auf die Frontscheibe der Stableuchte geklebt. 24 Stunden sind als Aushärtezeit ausreichend.

Nun wird der „Malipit“ an den vier Stellen durchbohrt, an denen die Nasen sitzen, die das lichtdurchlässige Rückteil tragen. Der Durchmesser der Bohrungen beträgt 3,5 mm. Mittels der vier Schrauben (1), der entsprechenden Unterlegscheiben (12) und der zugehörigen Muttern (13) wird der „Malipit“ zusammengeschraubt. Mit Hilfe der übrigen Muttern und Unterlegscheiben wird die mit dem Lampenkopf verklebte Grundplatte (7) mit dem „Malipit“ verspannungsfrei zusammengeschraubt. Das lichtdurchlässige Rückteil des Diabetrachters liegt dabei nur leicht an dem angepaßten Fenster der Grundplatte (7) an.

Um zu vermeiden, daß durch die Glühwendel der 3,5 V-Glühlampe ein zu heller Fleck entsteht, der bei der Diabetrachtung störend wirkt und der außerdem das Auge blenden würde, wird der Glaskolben der Glühlampe z. B. in weißen Nitrolack (Reparaturfläschchen) getaucht. Der dadurch entstehende „Opaleffekt“ ist ausreichend für eine relativ gleichmäßige Flächenausleuchtung.

Aus der Schraubkappe der Stableuchte werden die Kontaktfeder (8) und die Hängeöse entfernt. In den Boden der Schraubkappe wird möglichst konzentrisch ein Loch mit 7,5 mm Durchmesser gebohrt. In 8 mm Abstand davon wird ein weiteres Loch mit 3,5 mm Durchmesser gebohrt. (S. auch Abb. 2, Rahmenrückteil). Dieses Loch nimmt die „Nase“ des Drahtdrehwiderstandes auf.

Mit Hilfe des Gewindes des Drahtdrehwiderstandes (4) werden der Rahmen, die Lötöse (10) und die Schraubkappe zusammengeschraubt. Damit sich der Rahmen in der Schraubkappe nicht verdrehen kann, können Rahmen und Schraubkappe zusätzlich durch eine M 3-Schraube (exzentrisches Loch) zueinander fixiert werden.

An dem Stirnteil (15) des Rahmens werden die Kontaktfeder (8) und die Lötöse (9) mittels der Schraube (14) befestigt. Vorher wird die Kontaktfeder (8) so mit Isolierschlauch überzogen, daß durch sie kein elektrischer Kontakt zum Lampengehäuse möglich ist.

Es ist zweckmäßig, vor der Montage die Verdrahtung nach dem in Abbildung 3 gezeigten Schema auszuführen. Auf metallische Verbindung der Kontaktfeder (8) mit der Lötöse (9) ist zu achten.

Der Widerstand (5) hat die Aufgabe, die etwas steile Einstellcharakteristik des Drehwiderstandes (4) flacher zu gestalten. Anstelle des 25 Ohm-Drehwiderstandes kann zur Not auch einer mit 50 Ohm verwendet werden.

Abbildung 3 zeigt schematisch die Anordnung der Einzelteile, die mit dem Rahmen verbunden sind und durch die die Helligkeitseinstellung realisiert wird.

Vor Benutzung wird eine Monozelle in die Stablampe eingesetzt und die Schraubkappe mit dem Rahmen aufgeschraubt. Mit dem Drehkopf (6) kann jetzt die Helligkeit auf den erforderlichen Wert eingestellt werden.

Das schwache Nebenlicht, das aus den Seiten des lichtdurchlässigen Rückteils des „Malipit“ austritt, stört bei der Diabetrachtung nicht, erleichtert aber das Wiederauffinden des Gerätes in der Dunkelheit, wenn es aus der Hand gelegt wurde.

Die guten Erfahrungen, die bei der Benutzung dieses einfachen Hilfsmittels gewonnen wurden, veranlaßten uns, diesen Beitrag zu veröffentlichen.

Stückliste

Teil-Nr.	Benennung	Stückzahl	Bemerkungen
1	Stabtaschenlampe für 2 Monozellen	1	
2	„Malipit“ Diabetrachter	1	
3	Rahmenseitenteil	3	Hartpapier, 3 mm dick
4	Drahtdrehwiderstand	1	25 Ohm, Entbrummer
5	Widerstand	1	10 Ohm, 0,25 W
6	Drehknopf	1	4 mm-Welle
7	Grundplatte	1	Hartpapier, 3 mm dick
8	Kontaktfeder	1	aus der Stablampe, mit Isolierschlauch überzogen
9	Lötöse	1	für M 3
10	Lötöse	1	für M 8, aus dünnem Blech selbst hergestellt
11	Schraube	4	M 3 × 25, Zylinderkopf
12	Unterlegscheibe	18	M 3
13	Mutter	14	M 3
14	Schraube mit großer Scheibe	1	M 3 × 12, Zylinderkopf
15	Rahmen-Stirnteil	1	Hartpapier, 3 mm dick
16	Rahmen-Rückteil	1	Hartpapier, 3 mm dick

Fotografische Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11

Instrument: Refraktor 80/840 mit Zeiss-Sonnenfilter; Fokalaufnahme mit Barlowlinse 2,2 × auf 20 DIN-Film.

Beobachtungsort: 7981 Friedersdorf, $\varphi = +51^{\circ}37'$, $\lambda = -13^{\circ}36'$

Der Verlauf der Finsternis konnte bei durchweg klarem Himmel verfolgt werden.

Insgesamt wurden 19 Aufnahmen gemacht. Die Aufnahmefolge ist aus den Aufnahmezeiten ersichtlich.

Aufnahme Nr.	Belichtungszeit
1 = 6 ^h 25 ^m MEZ	1/15 s
Aufnahme Nr. 2 = 6 ^h 26 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 3 = 6 ^h 30 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 4 = 6 ^h 40 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 5 = 6 ^h 50 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 6 = 7 ^h 00 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 7 = 7 ^h 10 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 8 = 7 ^h 20 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 9 = 7 ^h 25 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 10 = 7 ^h 30 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 11 = 7 ^h 35 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 12 = 7 ^h 45 ^m MEZ	1/30 s
Aufnahme Nr. 13 = 7 ^h 55 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 14 = 8 ^h 05 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 15 = 8 ^h 15 ^m MEZ	1/60 s
Aufnahme Nr. 16 = 8 ^h 18 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 17 = 8 ^h 19 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 18 = 8 ^h 20 ^m MEZ	
Aufnahme Nr. 19 = 8 ^h 21 ^m MEZ	

Aus den Aufnahmen geht hervor, daß der Eintritt zwischen 6^h 25^m und 6^h 26^m erfolgte. Das Ende der Finsternis trat zwischen 8^h 20^m und 8^h 21^m ein. Die größte Phase ist auf der Aufnahme von 7^h 30^m zu sehen. Die Auswertung erfolgte an Hand der Negative mit einem 10fach vergrößernden Mikroskop.

HANS-D. GREISSNER

Der Große Rote Fleck 1974

DR. PAUL AHNERT

Von 1974 Juni bis 1975 Januar nahm die jovigraphische Länge des GRF gleichförmig von 15° bis 31° zu. Sie läßt sich für diesen Zeitraum durch die Formel

$$L_{GRF} = 15^{\circ}9 + (D - 24\ 42\ 210) \cdot 0^{\circ}067$$

ausdrücken.

D ist das Jul. Dat. des Beobachtungstages.

Es lagen 81 Beobachtungen von 6 Beobachtern vor:

Ahnert, Sonneberg

A, n = 13, $\sigma = \pm 1^{\circ}64$

Blasberg, Dresden,

B, n = 19, $\sigma = \pm 2^{\circ}18 (\pm 1^{\circ}85)$

Greissner, Friedersdorf,

G, n = 11, $\sigma = \pm 1^{\circ}67$

Mosch, Meissen

M, n = 8, $\sigma = \pm 1^{\circ}21$

Seliger, Dresden,

S, n = 17, $\sigma = \pm 2^{\circ}06 (\pm 1^{\circ}68)$

Zehnder, Birnenstorf (Schweiz)

Z, n = 13, $\sigma = \pm 1^{\circ}08$

Die Streuung aller 81 Beobachtungen beträgt $\sigma = \pm 1^{\circ}73 (\pm 1^{\circ}54)$. (Die eingeklammerten Werte von σ sind ohne S Okt. 7 und B Okt. 11 gerechnet.)

Die systematischen Unterschiede der einzelnen Beobachter in der Beurteilung der Lage des Zentralmeridians sind gering. Sie betragen im Mittel $\pm 1^{\circ}0 \sim \pm 0^{\circ}4$ (jovigraphisch bzw. sphärisch). Für die einzelnen Beobachter betragen die durchschnittlichen Differenzen gegen die mit der oben gegebenen Formel gerechneten Längen:

Beobachter	B-R	Beobachter	B-R
Ahnert	-0°90	Mosch	+0°60
Blasberg	+1°42 (+1°21)	Seliger	-1°32 (1°18)
Greissner	+0°18	Zehnder	+0°55

(Eingeklammerte Werte ohne Okt. 11 - B - und Okt. 7 - S -)

1974	L	Beob.	B-R	1974	L	Beob.	B-R	1974	L	Beob.	B-R
Juni	18 16 ²	B	+0°2	Sept.	10 21 ⁴	S	0°0	Nov.	7 26 ³	M	+1°1
Juli	7 16 ¹	Z	-0°9		10 23 ⁸	G	+2°4		17 26 ¹	A	+0°2
	22 18 ³	Z	+0°3		12 20 ⁷	A	-0°8		17 26 ²	S	+0°3
	27 18 ⁰	Z	-0°3		15 19 ⁶	A	-2°1		17 28 ⁰	B	+2°1
	29 19 ²	Z	+0°7		15 22 ⁰	S	+0°3		17 26 ⁸	G	+0°9
	31 15 ⁶	A	-3°0		15 22 ⁶	B	+0°9		17 26 ⁸	M	+0°9
Aug.	1 19 ⁷	B	+1°0		18 20 ⁷	S	-1°2		19 26 ⁹	S	+0°8
	3 19 ¹	Z	+0°3		18 23 ¹	B	+1°2		19 27 ²	B	+1°1
	7 19 ³	B	+0°2		22 21 ⁵	A	-0°7		19 26 ⁵	G	+0°4
	10 22 ⁶	B	+3°2		22 19 ⁸	S	-2°4		19 26 ⁹	M	+0°8
	13 19 ⁶	Z	+0°1		22 23 ⁵	B	+1°3		27 26 ¹	M	-0°5
	15 17 ⁴	A	-2°2		25 22 ⁷	B	+0°3		27 26 ²	G	-0°4
	15 20 ⁸	Z	+1°2		27 22 ⁷	S	+0°2	Dez.	14 26 ⁵	S	-1°2
	15 22 ⁰	M	+2°4		27 26 ⁹	B	+0°4		16 26 ⁴	S	-1°4
	15 20 ⁴	Z	+0°7		29 26 ¹	B	+3°5		16 26 ⁴	G	-1°4
	15 20 ⁷	M	+1°0		30 20 ⁶	S	-2°1		16 27 ⁶	M	-0°2
	17 22 ⁰	Z	+2°2		30 22 ⁴	B	-0°3		21 27 ⁹	Z	-0°2
	20 20 ²	A	-0°4		30 24 ¹	G	+1°4		23 29 ⁷	A	+1°4
	20 20 ⁵	B	-0°1		2 21 ⁶	S	-1°2		23 27 ⁰	S	-1°3
	20 21 ⁷	Z	+1°1	Okt.	7 18 ¹	S	-5°1		23 29 ⁵	B	+1°2
	20 21 ⁸	G	+1°2		11 22 ²	S	-1°2		23 27 ⁶	M	-0°7
	31 20 ⁸	B	+0°1		11 28 ⁶	B	+5°2		23 25 ⁸	G	-2°5
Sept.	1 21 ³	G	+0°5		14 22 ⁷	S	-1°0	1975	14 29 ⁴	A	-0°4
	8 17 ²	S	-4°1		26 23 ³	A	-1°2	Jan.	14 27 ⁴	G	-2°4
	8 23 ³	B	+2°0	Nov.	5 22 ⁶	A	-2°5		26 32 ⁰	A	+1°4
	8 21 ¹	Z	-0°2		7 23 ⁸	A	-1°4		26 30 ⁰	B	-0°6
	8 23 ²	G	+1°9		7 23 ²	S	-2°0		26 32 ⁷	Z	+2°1

Die zugehörige Abb. 1 siehe 3. Umschlagseite.

Suche Cassegrain-Rohrmonterung mit Spiegel von 180 bis 200 mm Öffnung. Tausch (mit Wertausgleich) gegen Refraktor-Rohrmonterung 80/840 möglich. Hans-D. Greißner, 7981 Friedersdorf, Hauptstr. 88.

Verkaufe Spiegelteleskope: 114/950 (500 M), 160/1500 (700 M), 200/1600 (1200 M) und 1 Tellurium/7 Planeten, Ø 1500 mm (300 M). F. Zingelmann, 213 Prenzlau, Franz-Wienholz-Str. 20.

Amateur sucht Refraktor (63/840, 80/840, 80/1200 oder 100/1000). Angebote erbeten an Mathias Kropf, 961 Glauchau, Am Ende 4.

Aus der Literatur

Die Evolution der Sterne

Es gibt einige – freilich nicht allzu viele – Probleme, die im gesamten Entwicklungsverlauf der Wissenschaft aktuell geblieben sind. Sie zu beantworten heißt, die Grundgesetze des Weltalls zu begreifen. Das trifft insbesondere auf das Wesen der Gravitation im Weltall und den Zustand der Materie bei zunehmender Kontraktion zu.

Durch die Gravitation werden die Bewegungen der Planeten und Sterne gesteuert, Lichtstrahlen abgelenkt und die Frequenz von elektromagnetischen Wellen verändert. All das bedeutet eine tiefgehende Veränderung der Eigenschaften von Raum und Zeit, bahnt den Weg in die Geheimnisse großer Energiequellen und trägt zur Überprüfung theoretischer Prognosen bei.

Wissenschaftliche Geräte, die mit Flugkörpern in den außeratmosphärischen Raum gebracht wurden, leiteten eine neue Ära in der Astrophysik ein. Man vermochte Strahlungsarten zu untersuchen, die durch die Lufthülle unseres Planeten absorbiert werden und von Geräten auf der Erde nicht registriert werden können.

Mit der Entwicklung der außeratmosphärischen (extraterrestrischen) Astronomie erhält die Wissenschaft ein mächtiges Instrument, in die komplizierten und vielfach noch rätselhaften Vorgänge im Weltraum vorzudringen. Die Kenntnis dieser Prozesse kann den Gesichtskreis der Wissenschaft erweitern. Wir wollen einige dieser Prozesse etwas genauer untersuchen.

Eine der bedeutendsten Entdeckungen in jüngster Zeit ist die Feststellung von Röntgenquellen in Doppelsternsystemen. Ihre Eigenschaften konnten nur durch umfangreiche Forschungsarbeit festgestellt werden. Die Röntgenstrahlung, die durch die Atmosphäre absorbiert wird, wurde mit Satelliten und Flugkörpern ermittelt. Die sichtbare und Radiowellenstrahlung wurde von der Erdoberfläche aus erforscht. Diese Arbeiten sind von großer Bedeutung.

Die Sterne haben keinen ewigen Bestand. Sie werden geboren und sterben wieder, wenn sie ihren Vorrat an Kernenergie verbraucht haben. Was sind nun „tote“ Sterne? Man könnte annehmen, daß die schwachen Druckkräfte des kalten Gases der Kontraktion unter Einwirkung der Gravitation nicht standhalten. Bereits in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts wurde jedoch nachgewiesen, daß die Quanteneigenschaften der Elektronen selbst in völlig erkaltetem Gas die Kontraktion hemmen. So verwandelt sich eine Sonne, die zuvor einen Durchmesser von Hunderttausenden und Millionen von Kilometern hatte, in einen kalten Körper, dessen Durchmesser nur noch einige Tausend Kilometer beträgt. Solche Sterne sind den Astronomen seit langem bekannt. Es sind die sogenannten Weißen Zwerge, Sonnen, die langsam erkalten und absterben. Einen großen Beitrag zur Theorie dieser Sterne haben die sowjetischen Wissenschaftler J. Frenkel und L. Landau geleistet.

Unter anderen Bedingungen (nach einer Sternexplosion am Ende einer Evolution) kann sich ein Körper bilden, der noch kleiner ist als die Weißen Zwerge und diese hinsichtlich der Dichte noch weiter übertrifft. Man spricht dann von einem Neutronenstern. Er hat Ausmaße von einigen Dutzend Kilometern, während die Dichte der Materie mit der eines Atomkerns vergleichbar ist. Hier sind es die Quanteneigenschaften der Elementarteilchen, der Neutronen, die der Gravitation standhalten.

Im Jahre 1968 bestätigten sich die Hypothesen der Astrophysiker hinsichtlich der Existenz von Neutronensternen in glänzender Weise. Es wurden Radioquellen entdeckt, die ihre Leuchtkraft in Bruchteilen einer Sekunde periodisch verändern. Sie erhielten die Bezeichnung Pulsare. Es zeigte sich, daß es sich hier um Neutronensterne handelt, die rasch rotieren und auf denen es aktive Zonen gibt, die Radiowellen gerichtet aussenden. Solch ein Stern hat Ähnlichkeit mit einem rotierenden Richtstrahlender. Wenn sein Strahl die Erde überstreicht, kann man die Strahlungsausbrüche beobachten.

Berechnungen zufolge können allerdings nur Himmelskörper mit relativ geringer Masse ein Neutronenstern oder ein Weißer Zwerg werden. Wenn die Masse gegen Ende der Evolution zwei bis drei Sonnenmassen beträgt, gibt es keine Kraft mehr, die für die Schwerkraft ein Hindernis wäre. Wenn der Kernbrennstoff aufgebraucht ist, kontrahiert solch ein Stern unbegrenzt. Im Verlauf dieses Prozesses vergrößert sich das Gravitationsfeld an der Sternoberfläche. Es erreicht schließlich eine derartige Stärke, daß es für keinerlei Strahlung oder Teilchen mehr durchlässig ist. Auf solch einen kontrahierten Stern kann unter Einwirkung der Schwerkraft Gas gelangen, Licht kann eindringen, aber sein Gravitationsfeld läßt nichts nach außen treten. Diese Objekte erhielten die Bezeichnung „Schwarze Löcher“ (Black holes).

Die Gravitation ist so groß, daß sie sich durch die Newtonschen Axiome nicht mehr darstellen läßt, sondern durch die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins beschrieben werden muß. Dieser Theorie zufolge verlangsamt die Zeit – vom Standpunkt eines fernen Beobachters aus betrachtet – bei der Annäherung an ein Schwarzes Loch ihren Lauf, die geometrischen Eigenschaften des Raumes verändern sich stark. Das sind „Löcher“ im Raum und in der Zeit des Weltalls.

Wie sowjetische Astrophysiker erstmals nachwiesen, werden die Eigenschaften der Schwarzen Löcher vollständig durch die Masse des Sterns und dessen Rotation bestimmt und hängen nicht davon ab, aus welcher Materie der Stern bestanden hat, ob er ein Magnetfeld hatte usw. Wie kann man nun diese erstaunlichen Objekte ausfindig machen? Sie senden selbst nichts aus und haben lediglich ein Gravitationsfeld. Es zeigte sich, daß ein vor zehn Jahren von sowjetischen Theoretikern vorgeschlagener Forschungsweg die größten Erfolgsaussichten hat. Hierbei kommt die eingangs erwähnte Röntgenstrahlung zu Hilfe.

Wenn ein „Schwarzes Loch“ oder ein Neutronenstern Bestandteil eines Doppelsternsystems ist, dessen eine Komponente ein normaler Stern ist, sind beide Körper miteinander durch die Gravitation verbunden und bewegen sich auf ihren Umlaufbahnen um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Materie aus der Hülle des normalen Sterns strömt zu dessen Begleiter. Was für Prozesse laufen nun ab, wenn der Begleiter ein Neutronenstern ist? Die Materie, die hierher gelangt, wird durch die Gravitation auf eine Geschwindigkeit bis zu 100000 Kilometer in der Sekunde beschleunigt. Beim Aufprall auf seine Oberfläche wird im Vergleich zu Kernreaktionen die zwanzigfache Energiemenge freigesetzt. Die Temperatur steigt auf Millionen und Hunderte Millionen Grad an. Der Hauptanteil der Strahlung entfällt dabei auf den Röntgenstrahlenbereich. Das starke Magnetfeld des Neutronensterns lenkt die fallende Materie zu den Magnetpolen und erzeugt eine gerichtete Röntgenstrahlung. Durch die hohe Rotationsgeschwindigkeit wird der Stern zu einer Röntgenstrahlungsquelle, deren Strahlungsausbruch von Geräten auf einer irdischen Umlaufbahn erfaßt wird. Bisher wurden zwei Objekte dieser Art entdeckt, die man als Röntgenpulsare bezeichnete.

Anders ist es, wenn sich neben einem gewöhnlichen Stern ein Schwarzes Loch befindet. Dieses hat keine feste Oberfläche, obwohl auch in diesem Falle im Doppelsystem eine Röntgenstrahlung entsteht. Das Gas, das von dem normalen Stern ausgeht, kann bei der Rotation des gesamten Systems nicht direkt auf das Schwarze Loch auftreffen. Es windet sich um das Schwarze Loch und bildet so eine Scheibe. Die Reibung zwischen den benachbarten Schichten führt zur Erhitzung der Materie dieser Scheibe, die zu einer Röntgenstrahlungsquelle in der Nähe des Schwarzen Lochs wird, das dadurch erkennbar wird.

Die unmittelbare Nachbarschaft der Röntgenquelle wirkt sich auf den normalen Stern aus. Die Röntgenstrahlen gelangen auf seine Oberfläche, wobei sie diese erwärmen und die atmosphärische Materie intensiv verdampfen. Infolgedessen ist die eine Seite des Sterns heißer und heller als die gegenüberliegende. Solche Sterne mit einem „heißen Fleck“ auf der Oberfläche wurden neben Röntgenquellen entdeckt und können mit den Methoden der optischen Astronomie beobachtet werden.

Sind Neutronensterne oder „Schwarze Löcher“ Bestandteile von Doppelsternsystemen mit einer „normalen“ Komponente, entstehen also Röntgenstrahlenquellen. Wie läßt sich aber nun feststellen, worum es sich im konkreten Falle handelt?

Wir haben heute zuverlässige Methoden zur Bestimmung der Masse eines Objekts, das Röntgenstrahlen aussendet. Liegt die Masse merklich über zwei bis drei Sonnenmassen, handelt es sich offenkundig um ein Schwarzes Loch, denn die Masse der Neutronensterne kann höchstens etwa zwei bis drei Sonnenmassen erreichen. Die Masse der Röntgenquelle ist anhand ihrer Rotation und der des normalen Sterns im Doppelsternsystem mit den bekannten Methoden der Himmelsmechanik zu bestimmen.

Dazu ein Beispiel: Im Sternbild Schwan befindet sich eine Röntgenquelle in einem Doppelsternsystem, das aus einem massereichen normalen Stern – einem Superriesen – und einem im optischen Bereich unsichtbaren Objekt besteht, dessen Masse nahezu zehn Sonnenmassen entspricht. Offensichtlich handelt es sich hierbei um solch ein Schwarzes Loch. Diese Annahme wird noch dadurch erhärtet, daß das Strahlungsspektrum hier dem theoretisch vorherbestimmten entspricht. Außerdem ändert sich der Röntgenstrahlenfluß innerhalb weniger Tausendstelskunden einige Male. Das zeugt von erstaunlich kleinen Dimensionen des Objekts sowie von dem instabilen Charakter der Prozesse, die in seiner Umgebung vor sich gehen.

Experimentelle Untersuchungen der Schwarzen Löcher, der Neutronensterne und der Weißen Zwerge in Doppelsternsystemen geben Auskunft über die Evolution der Sterne und über die Grundeigenschaften von Raum und Zeit, ermöglichen es also, die Grundgesetze der Natur zu erforschen. Die Bedeutung dieser Untersuchungen ferner kosmischer Objekte ist jedoch nicht nur darauf beschränkt. In der Umgebung der Schwarzen Löcher und auf der Oberfläche der Neutronensterne herrschen extreme physikalische Bedingungen. Man kann sie unter irdischen Bedingungen im Modell nicht nachbilden. Diese Objekte sind mit ihren Maßstäben ein gigantisches physikalisches Labor. Wir können an ihnen die Prozesse der Beschleunigung kosmischer Teilchenströme, das Verhalten des Plasmas in überstarken Magnetfeldern, die Wechselwirkung zwischen Plasma und Strahlung von enormer Intensität usw. untersuchen. Somit erzielen wir durch astrophysikalische Untersuchungen Ergebnisse, die im Zeitalter der wissenschaftlich-technischen Revolution von besonderem Interesse sind.

Akademienmitglied J. Seldowitsch, Dr. der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, und L. Nowikow, Dr. der physikalisch-mathematischen Wissenschaften in „Prawda“ vom 8. 3. 75 nach PdSu 23/75.

Beispiel aus den astronomischen Plaudereien Bürgels:

Nachts am Fernrohr

Die letzten buntgesäumten Wolkenschiffchen sind am Mond vorbeigefahren. Nun liegt er vor mir im scharfen Glase, gewaltig vergrößert, greifbar nahe. Das „Erste Viertel“ ist schon überschritten. Da, wo Tag und Nacht auf dem Monde sich scheiden, an der Lichtgrenze glänzt, wie aus getriebenem Silber geformt, das mächtige Ringgebirge Kopernikus. Auf den wilderklüfteten, in Terrassen sich abbauenden Wällen, deren Zinnen sich bis 4000 Meter über die Ebene erheben, wirft die aufgehende Sonne ihre Lichtfluten, aber das Innere des 90 Kilometer breiten Kessels ist in tiefe Nacht getaucht. Ein Gewirr von winzigen Kraterchen, manche kaum einen halben Kilometer breit, wie verstreute Ringeln im den Riesen, Felsenklötze vereinzelt, wie von Riesen umhergeschleudert, recken sich auf, werfen lange, spitze Schatten. Tiefe Risse durchziehen die Landschaft, sanfte Hügelketten unterbrechen die weite, graue Ebene des „Mare Imbrium“, des Regenmeeres, und nun gleiten die Kämme des mächtigen Gebirgszuges der Mondapenninen vorüber, deren silbrige Zinken bis 5000 Meter emporsteigen.

Winzige Sternlein, Sand am Ufer des Meeres der Unendlichkeit, flimmern im Gesichtsfelde. Unendlich ferne Sonnen, die in ihrem Machtbereich viele, viele Erden erwärmen und erleuchten mögen, von denen keine Wissenschaft je etwas erfahren wird. Kein Riesenfernrohr der Welt vermag ihnen näher zu kommen, diesen Sonnen, von denen das unbewaffnete Auge nicht einen Schimmer mehr erkennt. Unausdenkbare Welten liegen zwischen ihnen und uns. Der Lichtstrahl, der in jeder Sekunde 300000 Kilometer durchflirt, braucht fünfviertel Sekunden um vom Monde bis zu uns zu fliegen. Er ist aber einige tausend Jahre unterwegs, um von diesen Sternlein bis in unser Auge zu dringen.

Weiter nach Osten glänzt jetzt als hellster Stern des Himmels Jupiter, der Riese unter den Geschwistern der Erde. Eine neue wunderbare Welt liegt vor meinen Augen. Eine abgeplattete Kugel, die Erde einmal im Durchmesser übertreffend, umschwebt von vier großen Monden. Langsam dreht der Ball sich um die Achse, Wolkenzüge mit hundertfachen Detail, mit dunklen Streifen, weiß und rosig schimmernden Flecken umgeben ihn, und kaum merklich rücken die Monde weiter in ihrer Bahn.

Immer dichter schiebt sich der nächste an die Kugel heran, jetzt fällt sein von der Sonne geworfener Schatten auf ihr Wolkenmeer, langsam gleitet er weiter, und ich bin Zeuge einer Sonnenfinsternis auf dem Jupiter.

Und wieder schwenkt die Kuppel seitwärts, wieder sucht das Riesenauge des Teleskops eine andere Welt. Saturn, der Planet mit den seltsamen Ringen, nur wenig westlich vom Jupiter in ruhigem Licht leuchtend, schiebt sich in das Gesichtsfeld. Hundertmal kann man ihn ganze Nächte beobachtet haben, immer wieder packt der Anblick des ringgesäumten Gestirns. Um die stark abgeplattete Kugel kreisen in mildem Glanz die wie auf der Drehbank erzeugten Ringe. Man erkennt ihre Teilung, ihre Schatten, leichte Färbungen ihrer Oberfläche, sieht als winzige Sternlein die vielen Monde des Planeten dicht bei den Ringen flimmern und zarte, graue Streifen, Wolkenmassen, über die Kugel des Sternes hinwegziehen.

Und langsam schwebt das alles fern im Raum weiter. Neue Sternströme tauchen auf, schimmernde Gasschwaden, die kosmischen Nebel, durchziehen sie, aus denen sich dereinst wohl neue Sterne formen, und in der aschgrauen Unendlichkeit verliert sich Blick und Gräbelgeist des Forschers und Träumers.

„Nachtrexpre“, 30. 10. 48

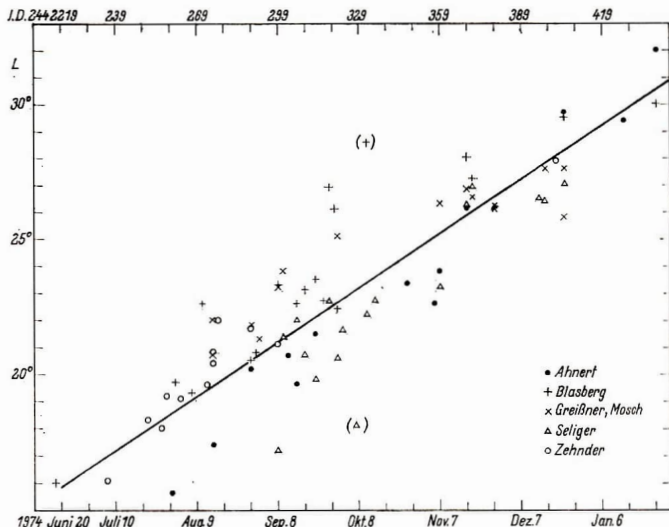


Abb. 1: Beobachtungen des GRF von 1974 Juni 18 bis 1975 Januar 26.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Erfahrungsaustausch der FG Astronomie im Bezirk Leipzig

Erstmalig seit vielen Jahren trafen sich Mitglieder der drei aktiven Fachgruppen Astronomie des Bezirkes Leipzig zu einem Erfahrungsaustausch über die Gestaltung der Fachgruppenarbeit. Der BFA Astronomie Leipzig hatte in die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha (Kreis Döbeln) eingeladen.

Die drei Fachgruppenleiter berichteten über die Entwicklung der Gruppen und über den für ihr jeweiliges Kollektiv typischen Arbeitsstil. Auch die aus der unterschiedlichen örtlichen Situation resultierenden Besonderheiten kamen zur Sprache. Einer lebhaften Diskussion folgte die Besichtigung der Sternwarte unter Führung des Leiters, Bfr. Helmut Busch.

Aus den Berichten und aus der Diskussion ergaben sich zahlreiche Anregungen für die künftige Gestaltung vor allem der Arbeitsabende. Als ein besonderes Problem stellte sich die Betreuung der vereinzelt arbeitenden Sternfreunde und Amateurastronomen dar. In vielen Gemeinden und kleinen Städten leben Sternfreunde, die meist Mitglieder unserer Organisation sind und die sich Anregungen für ihre Tätigkeit und Betreuung durch den BFA wünschen, jedoch keiner Fachgruppe angehören. Meist ist in solchen Orten wegen der geringen Zahl von Interessenten die Gründung einer Fachgruppe unterblieben. In der Arbeit des BFA müssen Möglichkeiten gefunden werden, die Betreuung dieser Sternfreunde zu verbessern. Für das Jahr 1975 hatte der BFA Astronomie Leipzig weitere gemeinsame Vorhaben der drei Fachgruppen geplant. So soll eine Exkursion zu einer Fachsternwarte stattfinden. Gemeinsam mit dem Bezirkskabinett für die Weiterbildung der Lehrer wird ein Erfahrungsaustausch der Leiter astronomischer und astronautischer Schülerarbeitsgemeinschaften vorbereitet, um die Unterstützung der Schulastronomie auch auf dem außerunterrichtlichen Sektor weitzzuführen. Schließlich ist auch vorgesehen, daß die Nachbar-Fachgruppen Eilenburg und Hartha zur Festveranstaltung aus Anlaß des 20jährigen Bestehens der Leipziger Fachgruppe eingeladen werden.

Der BFA Astronomie Leipzig verspricht sich von diesen gemeinsamen Veranstaltungen eine Intensivierung der Arbeit auch innerhalb der Fachgruppen und ein höheres Maß an Ausstrahlung auf die einzelnen Fachgruppenmitglieder. Zugleich wird damit eine Steigerung der Qualität der Betreuung durch den BFA angestrebt.

Li.

Die Arbeit der Fachgruppe Astronomie Schwerin Stadt

Die Fachgruppe wurde am 25. 2. 1972 mit dem Ziel gegründet, die Aktivitäten der Amateurastronomen zusammenzufassen und zu entwickeln und den den Arbeitsgemeinschaften erwachsenen Schülern weitere Arbeitsmöglichkeiten zu bieten. Die Fachgruppen sollen mit ihrer Arbeit auch einen Beitrag leisten, das materialistische Weltbild besser zu verstehen, es zu verbreiten und durch eigene, kleine Beobachtungsaufgaben zu bereichern.

15 Bundesfreunde (4 weibl., 3 über 60 Jahre, 9 bis 20 Jahre) arbeiten in der FG aktiv. Die Zusammensetzung ist relativ stabil. Bei den Jugendlichen ergeben sich jährlich Veränderungen, bedingt durch Beruf, Familie, NVA. Die zahlenmäßige Zusammensetzung bleibt konstant.

Monatlich findet ein Diskussionsabend im Planetarium für alle Mitglieder statt, dabei evtl. Beobachtungen mit den Geräten der Sternwarte.

Individuelle Arbeitsvorhaben sind: Veränderlichenbeobachtung (Bfr. Schmiedeberg), Unterichtsfilmm Mondphasen (Bfr. Grzybowski), Beobachtungsreihe Uranus (Bfr. Just).

Die Beobachtungsaufgaben für Schüler werden durch Aufsicht an den Geräten unterstützt.

Trotz des altersmäßigen Streubereichs von 15–83 Jahren ist eine gute Zusammenarbeit möglich. Die älteren Mitglieder erkennen das Wissen der jüngeren an und die jüngeren Mitglieder die Erfahrungen der alten. Durch die älteren Bundesfreunde wird eine stetige Arbeit ermöglicht. Bei Jugendlichen ist die Mitarbeit nicht immer stetig durch Interessenwandel, persönliche Gründe, Beruf, NVA. Zur Zeit beobachten die Bundesfreunde mit folgenden Geräten: 3 Feldstecher, 2 Geräte 63/840; zwei Bfr. arbeiten mit den Geräten der Schulsternwarte.

Ein Problem ist auch hier noch nicht gelöst: Die Fachgruppenarbeit sollte auch einen Erholungseffekt bringen im Sinne einer kulturreichen Freizeitgestaltung. Wie weit darf dann der Arbeitsplan gehen, der die Mitglieder verpflichtet, bestimmte Aufgaben zu lösen? Bleibt die Fachgruppenarbeit ein Hobby oder kann man für die gesamte Fachgruppe eine Aufgabe formulieren. Der Grad der aktiven Teilnahme an den Tätigkeiten der Fachgruppe ist abhängig vom Stand der Persönlichkeitsentwicklung des Mitgliedes. In dieser Hinsicht ist die Fachgruppe inhomogen. Daraus folgt, daß die Aufgaben sehr stark differenziert werden müssen. Die Bfr. verbindet das gleiche Interesse und weniger die gleiche Aufgabe. Wird es sich also immer um eine lose Konföderation Gleichgesinnter handeln?

SCHMIDT

FG-Leiter

EVP 1,50 M
PZV 31052

Unsere Autoren

Dr. J. Gürtler, 69 Jena, Universitätssternwarte

Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17

Karl-Heinz Neumann, 108, Berlin, Mohrenstraße 36/37

H. Albert, 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8

H.-J. Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Str. 44

Hans D. Greißner, 7981 Friedersdorf, Hauptstraße 88

Dr. Paul Ahnert, 64 Sonneberg, Sternwarte

Peter Wolff, 1193 Berlin, Alt-Treptow 1

Joachim Nernn, 1193 Berlin, Alt-Treptow 1

6¹⁹⁷⁵ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Sterne mit ausgedehnten Atmosphären und Hüllen II · Dr. J. Gürtler	161
Betrachtungen zum Unternehmen Salut 4/Sojus 17 · Karl-Heinz Neumann	172
Planetensichtbarkeit 1976 · Heinz Albert	3. Umschlagseite

Bildseiten

Nova in Cygnus 1975 E. Otto, H. Busch – Komet 1975 h H. Mraß, K. Müller, M. Dietrich, „Simon Stevin“ – Flugkörper vor der Sonnenscheibe · André Ling	I–IV
--	------

Amateure beobachten und berichten

Nova in Cygnus 1975 · Edgar Otto – Nova Cygni im Feldstecher beobachtet · Hans-Jörg Mettig	176
Komet 1975 h · H. Mraß – Nova Cyg. 1975 Vorläufige visuelle Lichtkurve · H. Busch, K. Häußler	177
Komet 1975 h · Karlheinz Müller, Martin Dietrich, „Simon Stevin“, Thomas Müller/Hartmut Bretschneider	178
Rudolf Brandt zum Gedächtnis	178
Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 – Komet Westphal wird in Sonnen- nähe erwartet · Elvira Pfitzner	179
Beobachtung der Konstellationen Venus – Saturn – Kastor – Pollux 1975 Mai 20–30 · Elvira Pfitzner	180
Temperaturverlauf während der partiellen Sonnenfinsternis vom 11. 5. 1975 · Andreas Bechert/ Thomas Kruppa	181
Leserbrief – Berichtigung zu Heft 3/75	182
Beobachtung der Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 · Rudolf Noack	183

Junge Amateure

Beobachtungshinweis für jüngere Beobachter · Bernd Zill	183
---	-----

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ · H. Busch – Arbeitsprogramm der Sektions-AG „Astro- nomie“ Rostock · Günter Weinert	186
---	-----

Kurzberichte

Ausstellung – VII. Treffen junger Astronomen der Slowakei – Sountenturm in Rožnava – Meteoritenfälle	188/189
---	---------

Aus der Literatur

Meteoritenkrater in Mexiko? Neuer Komet entdeckt – Sternoberfläche fotografiert – Der Andromedanebel	189
Sturmsysteme in den Polregionen des Jupiter – Periodische Prozesse der Sonnenaktivität – Sonne von Planeten gestört? – Stern mit außerordentlicher Strahlungsenergie entdeckt – UFO-Dokumentation	190
Heos 2 – Komet Kohoutek – Gravitationswellen – Ultrakompakte H-II-Regionen und OH- Quellen – Zehn Gebote für den Beobachter veränderlicher Sterne	191
Pulsar in Doppelsternsystem entdeckt	192

Buchbesprechungen

Die Planeten – Der Sternhimmel	4. Umschlagseite
--	------------------

Redaktionsschluß: 20. 9. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstr. 12; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium, OI. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte, 9412 Schneeburg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation, „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1975 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr 9,00 M. Einzelheft 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.

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

Sterne mit ausgedehnten Atmosphären und Hüllen II

Dr. J. GÜRTLER

3. Die R-Coronae-Borealis-Sterne

Die Sterne dieser Gruppe sind recht selten. Sie sind Überriesen vom Spektraltyp K, die jahrelang fast unveränderlich mit ihrer Maximalhelligkeit leuchten. In unregelmäßigen Abständen erleiden sie Lichteinbrüche, die Wochen und Monate anhalten können. Die Helligkeitsminima sind von unterschiedlicher Tiefe und betragen bis zu mehreren Größenklassen. Das Spektrum weist einige Besonderheiten auf. Im Maximum sind keine Emissionslinien zu sehen. Die Absorptionslinien des Wasserstoffs sind sehr schwach, woraus man auf eine geringe Häufigkeit dieses Elements schließt. Andererseits scheint Kohlenstoff sehr häufig zu sein. Deshalb sprachen E. Loreta (1935) und J. A. O'Keefe (1939) die Vermutung aus, daß sich in der Sternatmosphäre Graphitteilchen bilden und das Sternlicht absorbieren. Als Folge davon beobachten wir dann Lichteinbrüche.

Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre fand man bei den Sternen R Coronae Borealis und RY Sagittarii Infrarotexzesse, die etwa der Energiemenge entsprachen, die im sichtbaren Spektralbereich fehlte. Allerdings stellte sich sehr bald heraus, daß zwischen der Veränderung der visuellen und der Infrarothelligkeit nicht jener gegenläufige Zusammenhang besteht, wie ihn das einfache Modell erwarten läßt. Das Absinken der visuellen Helligkeit ist nicht mit einem gleichzeitigen proportionalen Anstieg der Infrarothelligkeit verbunden. Demnach kann die Bildung neuer Graphitteilchen nicht den Anstoß zur Helligkeitsverminderung geben. Es ist vielmehr wahrscheinlicher, daß die Sterne von einer unsymmetrischen und wolkigen Hülle aus Graphitteilchen umgeben sind, die sie von Zeit zu Zeit verfinstern. Die Wolken müssen ein Drittel bis die Hälfte des Rauminhalts der Hülle einnehmen, um die Beobachtungen zu erklären.

Die Infrarotstrahlung der R-Coronae-Borealis-Sterne ist sowohl dem Betrage wie der Farbtemperatur nach veränderlich. Daraus kann man schließen, daß im inneren Teil der Hülle hin und wieder neue Teilchenwolken entstehen, die dann langsam in immer größere Entfernungen vom Stern gelangen und schließlich den Stern vielleicht ganz verlassen.

IV. Zirkumstellare Materie in Doppelsternsystemen

1. Die algolähnlichen Doppelsterne

Bis jetzt haben wir Hüllen um Einzelsterne betrachtet. Die Ursachen für ihre Entstehung müssen in den Eigenschaften dieser Sterne gesucht werden. Bei Doppelsternen ist es insofern anders, als die enge Nachbarschaft der beiden Sterne den Anlaß zur Ausbildung der Hüllen gibt. Befänden sich die Sterne genügend weit von einander entfernt, so umgäbe sie keine zirkumstellare Materie. Damit soll nicht gesagt sein, daß die enge Nachbarschaft die alleinige Ursache ist. Die beteiligten Sterne müssen selbstverständlich gewisse Bedingungen erfüllen.

Die gasförmige Materie, die einen oder beide Doppelsternkomponenten umgibt, läßt sich einmal mit spektroskopischen Mitteln nachweisen. Meist sind die zirkumstellaren Linien so schwach, daß sie nur bei Doppelsternen, die gleichzeitig Bedeckungsveränderliche sind, und auch dann nur kurz vor und nach dem Hauptminimum festgestellt werden können. Oft sind die Linien vor der Bedeckung zum roten Ende des Spektrums hin, nach der Bedeckung aber nach dem violetten Ende hin verschoben.

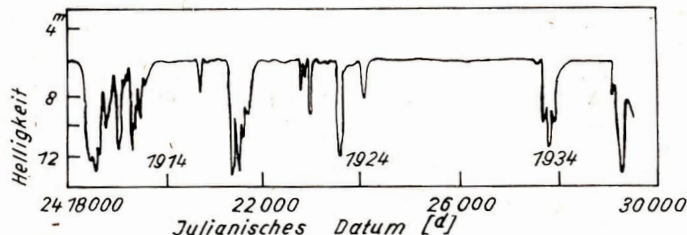


Abb. 1: Lichtkurve von R Coronae Borealis.

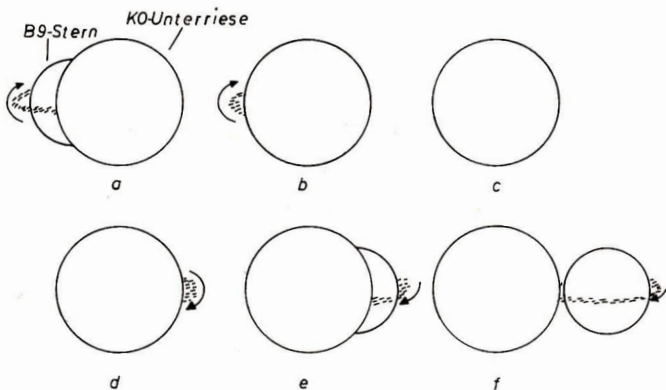


Abb. 2: A. H. Joys Deutung des Verhaltens der Emissionslinien im Spektrum des Bedeckungsveränderlichen RW Tauri. Solange der B9-Stern nicht vollständig bedeckt ist, herrscht seine Strahlung im Spektrum vor (a). Wenn er verschwindet, erscheinen plötzlich helle Emissionslinien, die nach Rot verschoben sind (b). Während der vollständigen Bedeckung ist nur das Spektrum des KO-Sterns sichtbar (c). Bevor die Bedeckung des B9-Sterns endet, sind wieder Emissionslinien zu sehen, jedoch sind sie nach Violett verschoben (d). Nachdem die vollständige Bedeckung zu Ende ist, ist erneut nur das B9-Spektrum zu beobachten (e, f). RW Tauri war der erste Doppelstern, bei dem zirkumstellares Gas nachgewiesen wurde.

Nimmt man an, daß das zirkumstellare Gas einen Ring um den Hauptstern bildet und in gleicher Weise, wie der Begleitstern umläuft, rotiert, so läßt sich dieser Befund verstehen. O. Struve (1946) fand sogar einen Zusammenhang zwischen der Rotationsgeschwindigkeit des Ringes V und der Umlaufzeit des Systems P , der wie folgt beschrieben wird: $P V^3 \approx \text{const.}$

Aus den Zeitpunkten, an denen die Emission auftaucht und verschwindet, läßt sich die Ausdehnung des Ringes ableiten. Sie scheint etwa den doppelten Sterndurchmesser zu betragen. Die Frage, ob der Gasring an seiner Innenkante den Stern berührt (also eine „Scheibe“ bildet), oder deutlich vom Sternkörper abgesetzt ist, konnte bis heute nicht eindeutig entschieden werden. Da aber, wie weiter unten noch erläutert wird, der Ring für das Gas nur ein Zwischenaufenthaltort auf dem Wege vom Begleiter zum Hauptstern ist, erscheint das Scheibenmodell wirklichkeitsnäher.

Bei vielen Sternen sind die Emissionslinien nicht hell genug, um als solche im Spektrum in Erscheinung zu treten. Sie können aber die Profile der stellaren Absorptionslinien, denen sie sich überlagern, so verändern, daß man falsche Radialgeschwindigkeiten mißt. Ermittelt man die Bahnelemente des Systems aus den Radialgeschwindigkeiten, so findet man dann andere Werte als etwa aus der Lichtkurve. Bei dem Stern U Cephei z. B. spricht die Lichtkurve für eine Kreisbahn (Bahnexzentrizität null); aus der Radialgeschwindigkeitskurve dagegen liest man eine Bahnexzentrizität von etwa 0.2 ab (Abb. 3).

Zirkumstellare Materie in Doppelsternsystemen verrät sich auch durch eine Verformung der Lichtkurve. Die Gestalt der Lichtkurve kann auch durch andere Ursachen beeinflusst werden. Manchmal ist der Begleitstern veränderlich. In anderen Fällen heizt die Strahlung des Begleiters die ihm zugewandte Seite des Hauptsterns auf („Reflexionseffekt“). In algolähnlichen Sternen sind diese Effekte jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Abb. 4 gibt die Lichtkurve von U Cephei aus dem Jahre 1958 wieder. Vor dem Hauptminimum ist die Helligkeit deutlich geringer als danach. Auch das Nebenminimum ist unsymmetrisch. R. D. Bokhadze (1956) sieht die Ursache dieser Erscheinung in einem Gastrom, der vom Begleiter zum Hauptstern gerichtet ist und das Licht des Sternes absorbiert, noch bevor die eigentliche Bedeckung durch den Begleiter beginnt. Die Anomalien der Lichtkurven sind oft veränderlich. Das ist ein zusätzlicher

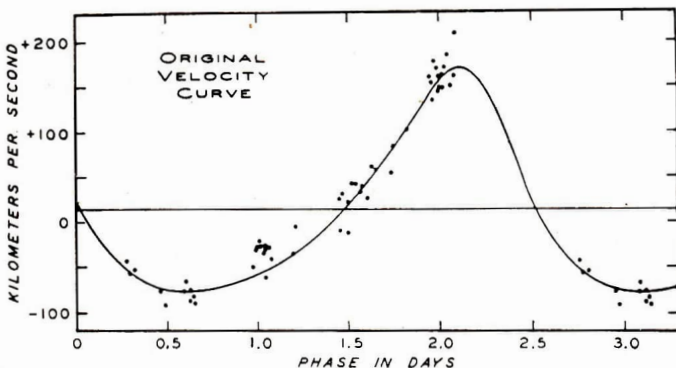


Abb. 3: Radialgeschwindigkeitskurve von U Cephei.

Hinweis darauf, daß die Ursachen in zirkumstellaren Gasmassen zu suchen sind, wo sich Ungleichmäßigkeiten leicht ausbilden können.

Weher stammt die zirkumstellare Materie in Doppelsternsystemen? Bei den algolähnlichen Systemen, die zirkumstellare Materie besitzen, fällt auf, daß sie aus einem Hauptreihenstern (Spektraltyp B bis F) und einem Unterriesenstern bestehen. Der Hauptreihenstern hat die größere Masse. Das widerspricht den gegenwärtigen, wohlbegründeten Vorstellungen über die Sternentwicklung, wonach die

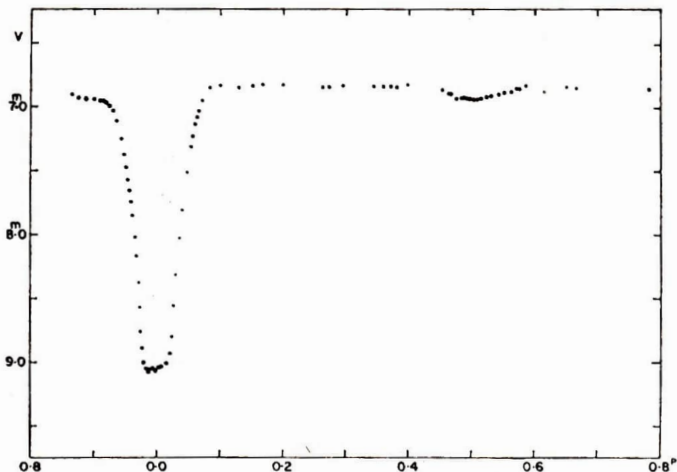


Abb. 4: Lichtkurve von U Cephei.

Entwicklungsgeschwindigkeit mit der Masse stark zunimmt und die Unterriesen ein späteres Entwicklungsstadium als die Hauptreihensterne darstellen. Bei den Doppelsternen scheint das Gegenteil richtig zu sein! Die Ursache für diesen überraschenden Befund muß in der Doppelsternnatur begründet sein.

In jedem System aus zwei sich gegenseitig anziehenden Massen gibt es einen Punkt, an dem sich die Anziehungskräfte die Waage halten (sog. innerer Lagrange-Punkt). Er liegt auf der Verbindungslinie der beiden Massenmittelpunkte. Zeichnen wir in der Bahnebene um jeden Stern diejenige Kurve ein, auf der ein Teilchen dieselbe potentielle Energie hat wie im inneren Lagrange-Punkt, so erhalten wir eine Kurve, die wie eine Acht aussieht (Abb. 5). Da die Verhältnisse rotationssymmetrisch sind, kommen wir zur Fläche gleicher potentieller Energie, indem wir die Kurve um die Verbindungslinie der beiden Massenmittelpunkte drehen. Die so entstehende Fläche heißt kritische Fläche oder Rochesche Grenzfläche. Die Lage dieser Grenzfläche hängt allein von den Massen und dem gegenseitigen Abstand der beiden Sterne ab.

Wenn ein Stern so groß ist, daß er den Raum innerhalb der Rocheschen Grenzfläche ausfüllt, vermag Gas von seiner Oberfläche ohne große zusätzliche Energieaufnahme durch den inneren Lagrange-Punkt in den Anziehungsbereich des anderen Sterns zu gelangen. Wie dieses Überströmen im einzelnen vor sich geht, ist noch nicht bekannt. Von den besonderen Bedingungen, die in den Systemen vorliegen, hängt es offenbar ab, in welcher Form die zirkumstellare Materie auftritt, ob als beide Sterne verbindender Gasstrahl oder als Ring um den massereicheren Stern oder gar als eine das gesamte System einhüllende Wolke (z. B. bei SX Cassiopeiae). Oft kommen mehrere Formen nebeneinander vor.

Im Rahmen dieses Bildes findet auch der Widerspruch seine Lösung, daß in den Algol-Systemen der masseärmere Stern weiter entwickelt ist. Der massearme Unterriese war ursprünglich der massereichere Stern des Systems. Er verließ das Hauptreihenstadium, nachdem er seinen Wasserstoffvorrat in seinem Kern aufgebraucht hatte. Wie Modellrechnungen zur Sternentwicklung zeigen, dehnt sich ein Stern beim Verlassen der Hauptreihe aus. Wenn er mit dem zweiten Stern ein genügend enges Paar bildet, so erreicht er bei seiner Vergrößerung die Rochesche Grenze und beginnt Masse an seinen Begleiter abzugeben. Nach den Modellrechnungen von R. Kippenhahn und A. Weigert (1967) verliert der massereichere Stern in $6 \cdot 10^4$ Jahren rund 6 Sonnenmassen. Ein so großer Masseaustausch wurde bisher bei keinem System beobachtet, was bei der kurzen Dauer dieser Erscheinung verständlich ist. Auf die rasche Masseabgabe folgt ein längerer Zeitraum (10^7 a), in dem das Gas in geringeren Mengen ($4 \cdot 10^{-8} M_{\odot} \text{a}^{-1}$) abströmt. In diesem Stadium befinden sich offenbar die von uns beobachteten Sterne.

Über die physikalischen Bedingungen des zirkumstellaren Gases in Algol-Systemen ist wenig bekannt. Die Gasdichte dürfte von der Größenordnung 10^{12} Teilchen je cm^3 sein.

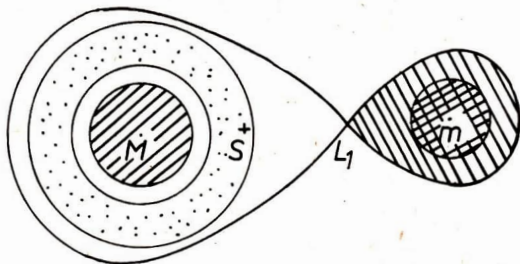
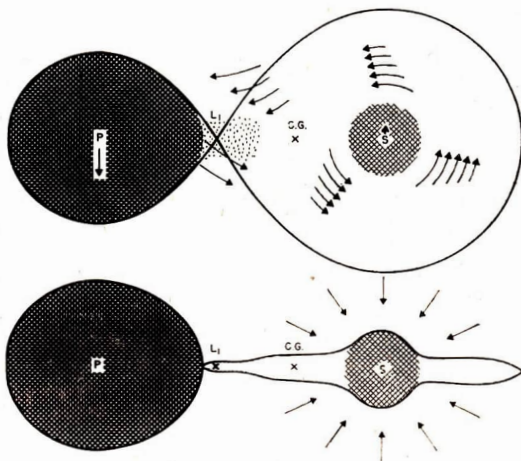


Abb. 5: Darstellung der Schnittkurve der Rocheschen Grenzfläche mit der Bahnebene für ein Massenverhältnis $M/m = 2$. S ist der Schwerpunkt des Systems, L_1 der innere Lagrange-Punkt. Die Darstellung ist ungefähr maßstäblich für $M = 29.5$ Sonnenmassen und eine Umlaufzeit von 27 Tagen. Der masseärmere Stern ist mit dem Radius eingezeichnet, den er entsprechend seiner Masse (15 Sonnenmassen) auf der Hauptreihe hätte (Doppelschraffur). Als Unterriese füllt er seinen Raum innerhalb der Rocheschen Grenzfläche aus (einfache Schraffur). Um den massereicheren Stern ist innerhalb der Grenzfläche genügend Platz zur Ausbildung eines Gasrings (punktiert).

Abb. 6:
Su-Shu Huangs Modell des Doppelsterns β Lyrae.



2. Die eruptiven Veränderlichen

Es gibt ungleichere Paarungen als es die Algotsterne sind. Erinnert sei an Sirius, der ein Hauptreihenstern vom Spektraltyp A1 ist und von einem weißen Zwerg umkreist wird. Allerdings sind diese beiden Sterne so weit voneinander entfernt, daß sie für unsere Betrachtung ohne Belang sind.

Bei den eruptiven Veränderlichen (dazu gehören die Novae, die wiederkehrenden Novae und die U-Geminorum-Sterne) dagegen haben wir enge Paare aus je einem weißen Zwerg und einem späten Unterzwerg oder Unterriesen vor uns (R. P. Kraft 1962). Letzterer füllt den Raum innerhalb der Rocheschen Grenze völlig aus, so daß das Gas durch den inneren Lagrange-Punkt auf den weißen Zwerg zuströmt und sich dabei in einer Scheibe um ihn herum anordnet (Abb. 7). Einen direkten Hin-

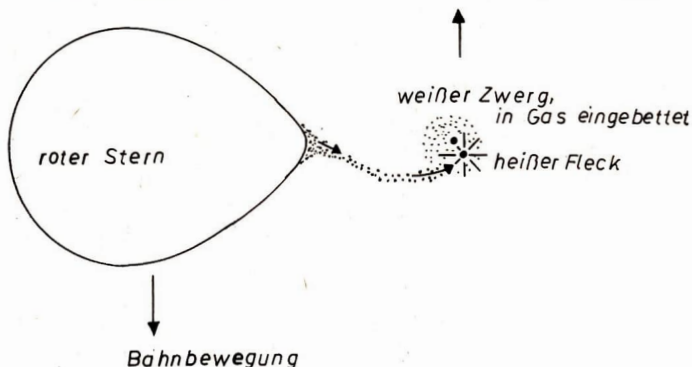


Abb. 7: Modell eines eruptiven Veränderlichen mit heißem Fleck.

weis darauf, daß Masseaustausch- oder -abgabeprozesse in diesen Systemen ablaufen, gibt der Befund, daß die Perioden der Doppelsterne systematisch zunehmen. Bei vielen Systemen ist diese Gasscheibe die eigentliche Quelle der beobachteten Strahlung. Im Spektrum herrschen deshalb Emissionslinien von H, HeI und CaII vor. Nur bei wenigen Systemen sind auch einige stellare Absorptionslinien sichtbar, die eine Spektralklassifikation zulassen.

Die Untersuchung der Lichtkurven (außerhalb der eigentlichen Lichtausbrüche!) hat in den letzten Jahren wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der Scheiben geliefert. U Geminorum z. B. ist ein Bedeckungsveränderlicher mit einer Periode von 4.2 Stunden. Der zweiten Hälfte der Periode ist ein „Buckel“ von 0^m5 aufgesetzt (Abb. 7). Beobachtungen mit hoher Zeitauflösung (B. Warner 1971) zeigen, daß die Sterne gleichsam flimmern, d. h. Lichtänderungen geringer Amplitude im Laufe weniger Minuten auftreten. Während der Bedeckungsminima verschwindet das Flimmern.

Wie ist die Lichtkurve zu deuten? Woher kommt der Buckel? Betrachten wir das Modell genauer. Die beobachtete Strahlung stammt in der Hauptsache von der Gasscheibe, die den weißen Zwerg umhüllt und die durch einen ständigen Materiezustrom von der anderen Komponente aufgefüllt wird. Das durch den inneren Lagrange-Punkt in den Anziehungsbereich des weißen Zwerges gelangende Gas wird in dessen Schwerfeld beschleunigt. Es trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die Gasscheibe auf. Das Gas erhitzt sich an der Aufprallstelle; in der Scheibe entsteht ein „heißer Fleck“, der wegen seiner höheren Temperatur mehr Licht aussendet als die übrigen Teile der Scheibe. Er ist für das Licht des Buckels verantwortlich. Während des Umlaufs des Systems wandert der heiße Fleck mit. Er verschwindet für einen Teil der Umlaufzeit hinter den kühlen Teilen der Scheibe. Bei dem Bedeckungsminimum handelt es sich um eine Bedeckung des heißen Flecks, nicht des weißen Zwerges. Da das Flimmern während der Bedeckung nicht auftritt, muß es ebenfalls seine Quelle in der Struktur des heißen Flecks haben.

Lange Zeit war umstritten, welche Komponente des Systems der „eruptive Veränderliche“ ist. Ursprünglich sah man im weißen Zwerg den Sitz der Ausbrüche, die durch die Ansammlung von wasserstoffreichem Gas auf seiner heißen Oberfläche hervorgerufen werden sollten. W. Krzeminski fand jedoch, daß bei U Geminorum das Minimum während des Ausbruchs nicht vorhanden ist, und schloß daraus, daß die rote Komponente für den Ausbruch verantwortlich sei. Inzwischen ist durch die Arbeiten von J. Smak und B. Warner klargestellt, daß im Fall von U Geminorum nur der heiße Fleck bedeckt und bei Z Chamaeleontis (ein weiterer U-Geminorum-Stern mit Bedeckungslichtwechsel) das Minimum auch während des Ausbruchs erhalten bleibt. Die frühere Ansicht, daß die Explosion von wasserstoffreichem Material auf der Oberfläche der heißen Komponente die Ausbrüche verursacht, hat damit eine weitgehende Bestätigung erfahren. Über den genauen Ablauf der Ausbrüche, speziell über die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen der eruptiven Veränderlichen, bleibt noch vieles zu erforschen.

3. Die Röntgensterne

Der Start des ersten, nur für die Beobachtung des Himmels im Röntgenbereich bestimmten künstlichen Erdsatelliten im Dezember 1970 brachte die Röntgenastronomie ein großes Stück voran. Erstmals war es möglich, auch die Orte schwächerer Quellen genau zu bestimmen. Dadurch wuchs die

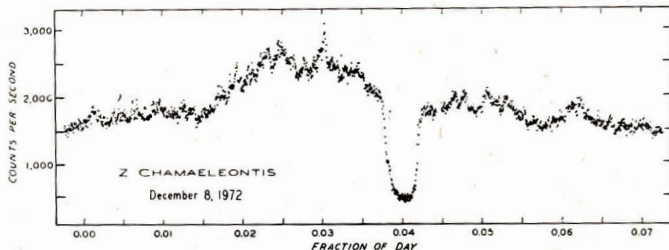


Abb. 8: Lichtkurve von Z Chamaeleontis. Jeder Punkt entspricht einer lichtelektrischen Messung mit 5 sec Integrationszeit. Das Flimmern, der Buckel und das Bedeckungsminimum sind deutlich ausgeprägt.

Zahl der Identifikationen mit optischen Objekten rasch an. Genauso wichtig war, daß die Röntgenquellen kontinuierlich beobachtet und auf diese Weise Veränderungen der Röntgenstrahlung entdeckt werden konnten.

In unseren Zusammenhang gehört das reichliche halbe Dutzend Röntgenquellen, die Doppelsystems sind. Darunter sind so bekannte Quellen wie Hercules X-1, Cygnus X-1 und Cygnus X-3. Jeder Name steht für einen besonderen Typ.

Da sind zunächst die Systeme, in denen die Hauptkomponente ein Überriese vom Spektraltyp O oder B ist. Neben Cygnus X-1 gehört z. B. auch Vela XR-1 hierher. Diese Röntgenquelle ist veränderlich und hat eine Periode von 8,95 Tagen. Als ihr optisches Gegenstück erwies sich ein B 0.5-Überriese mit der scheinbaren Helligkeit $6^m.9$. Er ist veränderlich; seine Amplitude beträgt $0^m.1$ und während der 8,95-tägigen Periode der Röntgenquelle erreicht er zwei gleichhohe Maxima und gleichtiefe Minima. Eine solche Lichtkurve erhält man, wenn entweder beide Komponenten des Systems gleich hell sind (trifft in unserem Fall nicht zu, da die Linien im Spektrum einfach sind) oder eine Komponente fast nichts zur Helligkeit beiträgt. Wir schließen, daß die Helligkeitsänderungen durch die Verformung des Überriesen unter der Einwirkung des kleinen Begleiters zustande kommt. Abb. 9 stellt die Verhältnisse schematisch dar. Als Masse findet man für den kleineren Begleiter rund anderthalb Sonnenmassen. Das ist mehr, als man für einen weißen Zwerg erwartet. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß es sich um einen Neutronenstern handelt (Radius eines Neutronensterns: 10 km, Dichte: 10^{15} g/cm^3). Die Quelle der Röntgenstrahlung ist ein heißer Gasring, der sich um den Neutronenstern ausbildet. Das dazu notwendige Gas kommt von dem Überriesen, der den Raum innerhalb der Rocheschen Grenze ausfüllt. Das überströmende Gas gewinnt beim Hinabstürzen auf den Ring soviel kinetische Energie, daß die Gastemperaturen 10^6 K und mehr erreichen. Dadurch leuchtet das Gas vorwiegend im Röntgenbereich.

Hercules X-1 weicht in einiger Hinsicht von den eben geschilderten Verhältnissen ab. Das optische Gegenstück ist HZ Herculis, ein Veränderlicher, der bereits 1936 von C. Hoffmeister in Sonneberg entdeckt worden ist. Die Amplitude des Lichtwechsels beträgt etwa 2^m , die Periode 1,7 Tage. Sein Spektraltyp schwankt zwischen F3 im Minimum und B8 im Maximum. Die Röntgenquelle zeigt nicht nur diese 1,7-tägige Periode, sondern darüber hinaus noch eine sehr kurze, 1,24-Sekunden-Periode und einen 35-tägigen Zyklus. Während dieses Zyklus ist die Röntgenquelle 12 Tage lang „angeschaltet“, d. h. sie ist mit der 1,24-Sekunden- bzw. 1,7-Tage-Periode beobachtbar. In den übrigen 23 Tagen wird keine Röntgenstrahlung empfangen. Die Form der optischen Lichtkurve verändert sich während des 35-Tage-Zyklus, aber die Amplitude bleibt im wesentlichen erhalten. HZ Herculis ist aber nicht immer veränderlich. Zum Beispiel leuchtete er von 1949 bis 1956 im Minimallicht.

Es gibt heute noch kein, alle Beobachtungen befriedigend darstellendes Modell. Der grundlegende Mechanismus ist sicherlich das Einstürzen von Gas vom optisch sichtbaren Stern auf einen Neutronenstern, wobei sich das Gas soweit aufheizt, daß es im Röntgenbereich strahlt. Durch das Röntgenlicht wird die dem Neutronenstern zugewandte Seite des Sterns aufgeheizt, so daß sie mehr Licht abstrahlt

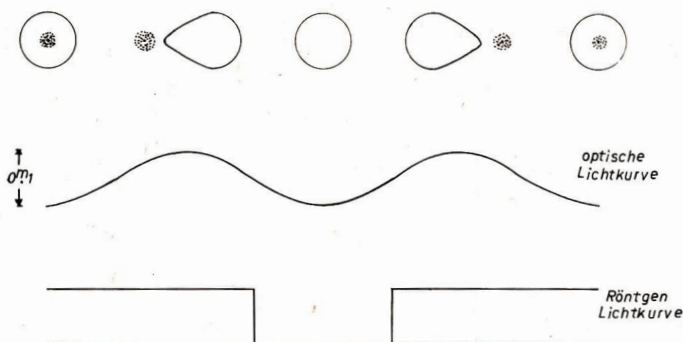


Abb. 9: Schematische Darstellung der Verhältnisse bei der Röntgenquelle Vela XR-1 und des Zustandekommens des optischen und Röntgenlichtwechsels.

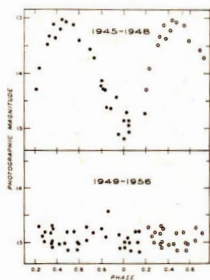


Abb. 10: Mittlere Lichtkurve von HZ Herculis, wenn für den F-Stern die aufheizende Energiequelle „angeschaltet“ (oben) bzw. „abgeschaltet“ ist.

Abb. 12, Mitte: Modell von HZ Herculis. Die gepunktete Fläche des F-Sterns wird vom Neutronenstern beleuchtet und hat dadurch eine höhere Temperatur. Infolgedessen strahlt sie mehr Licht aus. Die ungleichmäßige Helligkeit der Sternoberfläche ist die Ursache des optischen Lichtwechsels.

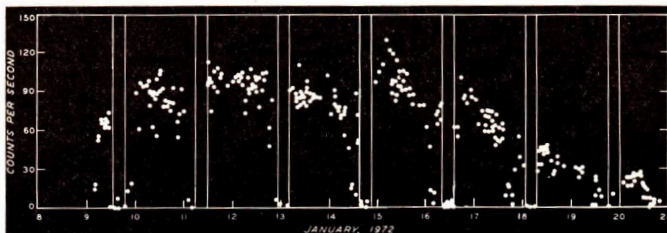
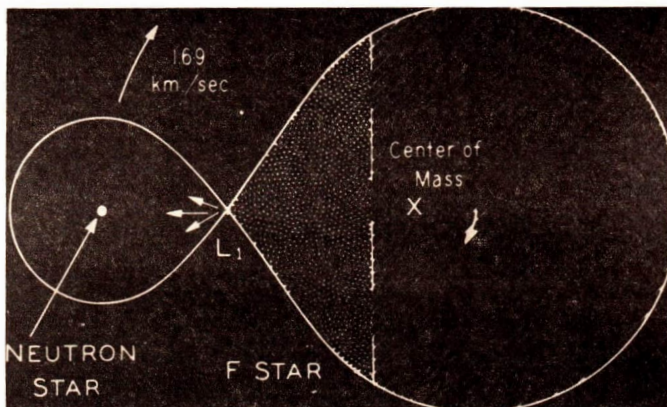


Abb. 11: Die Veränderung der Röntgenstrahlung von Hercules X-1 während der 12 Tage des 35tägigen Zyklus, an denen die Röntgenquelle für den irdischen Beobachter „angeschaltet“ ist. Die tiefen Minima aller 1.7 Tage entstehen durch die Bedeckung der Röntgenquelle durch den F-Stern.

als die im „Röntgenshatten“ befindlichen Teile. Dadurch entsteht der 1.7-tägige optische Lichtwechsel, dessen Periode der Umlaufzeit des Neutronensterns entspricht. Die 1.24-Sekunden-Periode und der 35-Tage-Zyklus deuten darauf hin, daß die Röntgenstrahlung nicht nach allen Richtungen gleichmäßig abgestrahlt wird, sondern daß die Verhältnisse der heißen Gasscheibe so geartet sind, daß die Röntgenstrahlung gebündelt ist, ähnlich wie wir es von Pulsaren her kennen. Möglich wäre auch, daß kühlere und dichtere Teile des zirkumstellaren Gases die Röntgenstrahlung abblocken.

Die Röntgenquelle Cygnus X-3 unterscheidet sich von den beiden genannten Typen dadurch, daß sie nur als ganz schwaches Infrarotobjekt am Himmel gefunden wurde. Die Periode der Röntgenstrahlung von 0.18 Tagen ist die kürzeste Umlaufzeit von allen Röntgensystemen. Von ihr wurde auch Radiostrahlung empfangen. A. Davidson und J. P. Ostriker (1974) haben ein Modell vorgeschlagen, nach dem es sich um ein ziemlich nahes System aus einem Hauptreihenstern vom Spektraltyp M und einen weißen Zwerg handeln soll. Von dem M-Stern geht ein starker Sternwind aus, dessen Gas das gesamte System einhüllt. Ein Teil davon fällt auf den weißen Zwerg, erhitzt sich und strahlt Röntgenlicht aus. Diese energiereiche Strahlung wird von dem weiter außen liegenden Gas teilweise absorbiert und im infraroten Wellenlängenbereich wieder emittiert. Noch weiter draußen ist die Gasdichte und die Temperatur noch geringer. Der hier absorbierte Teil der aus den inneren Gebieten der Hülle stammenden Strahlung wird als Radiowellen ausgesandt.

Nicht alle galaktischen Röntgenquellen sind Doppelsterne. Erwähnt sei nur der Pulsar im Krebsnebel und die Quelle Scorpius X-1. Letztere ist ein blauer Stern 12. Größe. Auch bei diesem Stern betrachtet man hochoverhitztes zirkumstellares Gas als die Quelle der Röntgenstrahlung.

4. Die symbiotischen Sterne

Diese Sterne verdanken ihren Namen, der auf P. W. Merrill (1941) zurückgeht, dem erstaunlichen Umstand, daß in ihren Spektren gleichzeitig Absorptionsbanden von TiO, die für M-Sterne kennzeichnend sind, und Emissionslinien hoher Anregungsstufe (He II, O III), wie man sie von planetarischen Nebeln her kennt, auftreten. Etwa 30 Sterne zählt man heute mit einiger Sicherheit zu dieser Gruppe. Z Andromedae und BF Cygni gelten als Prototypen.

Der Lichtwechsel der symbiotischen Sterne ist halbregelmäßig mit geringer Amplitude. Die mittleren Perioden liegen bei rund 2 Jahren. Manchmal sind die Helligkeitsschwankungen größer und erreichen 3 Größenklassen. Das Spektrum der Sterne ändert sich gleichzeitig mit ihrer Helligkeit. In der Nähe des Minimums beobachtet man ein Absorptionsspektrum der Spektralklasse M sowie Emissionslinien, wie wir sie von planetarischen Nebeln her kennen, darunter solche von He II, C III, N III und verbotenen Linien¹⁾ des zweifach ionisierten Sauerstoffs (bezeichnet mit [O III]), des zweifach ionisierten Neons ([Ne III]) u. a.

Wenn der Stern heller wird, tritt ein Hüllenspektrum, wie wir es von Be-Sternen kennen, in Erscheinung. An den kurzwelligen Seiten der Linien von He, Fe II und Ti II beobachtet man schnelle Absorptionskomponenten. Die Emissionslinien hoher Anregung sind verschwunden. Das kontinuierliche Spektrum bleibt das eines M-Sterns. Nimmt die Helligkeit dann wieder ab, verschwinden die Hüllenspektren; die Emissionslinien höher angeregter Ionen sowie die verbotenen Linien werden wieder sichtbar.

Vielfältige Versuche sind unternommen worden, um diese seltsamen Himmelskörper zu deuten. Manche Astronomen glaubten, mit einem Stern auszukommen, der entweder von späterem oder von frühem Spektraltyp sein sollte. Erfolgreicher scheint heute jedoch die Deutung, die F. S. Hogg (1934) als erster vorschlug, in einem symbiotischen Stern einen Doppelstern zu erblicken. Sie ermöglicht den einfachsten Zugang zum Verständnis dieser Erscheinung. Die regelmäßigen Veränderungen der Radialgeschwindigkeit bei AG Pegasi beweisen mindestens in diesem Falle die Doppelsternnatur.

Den Hauptstern des Systems bildet jeweils ein Riese vom Spektraltyp M, der von einem Stern hoher Effektivtemperatur umkreist wird. Im Hertzsprung-Russell-Diagramm liegt dieser Stern im gleichen Gebiet wie die Kerne der planetarischen Nebel. Der heiße Zwergstern ist veränderlich; seine Amplitude liegt im Mittel bei 2 Größenklassen. Der M-Stern gibt Masse ab und liefert damit das Material für die Hülle um den heißen Stern und die sehr dünne Wolke, die das ganze System umhüllt und in der die verbotenen Linien entstehen. Weil die Gasmasse sehr gering ist, können wir keinen Nebel erblicken. Die damit ausgedrückte Verwandtschaft zu den planetarischen Nebeln besteht auch auf dem Gebiet der Infrarotstrahlung, deren spektraler Verlauf bei beiden Objektgruppen ähnlich ist –

¹⁾ Der Ausdruck „verbotene Linien“ rührt daher, daß die ihnen zugrunde liegenden Übergänge im Atom millionenmal unwahrscheinlicher sind als die Übergänge, die die gewöhnlichen „erlaubten Linien“ erzeugen. Unter Laboratoriumsbedingungen verhindern häufige Zusammenstöße mit anderen Gasatomen, daß in den Atomen diese unwahrscheinlichen Übergänge stattfinden können. Das Auftreten von verbotenen Linien ist deshalb ein untrügliches Zeichen für sehr niedrige Gasdichten.

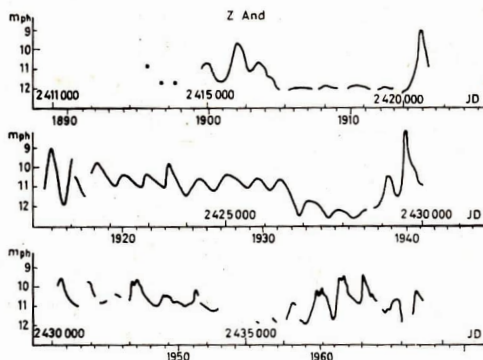


Abb. 13: Lichtkurve von Z Andromedae.

beide Male ist heißer Staub die Quelle – und dem Gebiet der Radiostrahlung, denn einige symbiotische Objekte erwiesen sich als thermische Radioquellen.

Damit schließen wir die Darstellung der zirkumstellaren Materie bei Doppelsternen ab.

V. Zirkumstellare Hüllen um junge Sterne

1. Die T-Tauri-Sterne

Aus vielerlei Gründen muß man die T-Tauri-Sterne als sehr junge, erst vor – nach astronomischen Maßstäben – kurzer Zeit entstandene Himmelskörper betrachten. Erwähnt sei nur, daß sie in Gruppen (ähnlich wie die jungen O- und B-Sterne), sog. T-Assoziationen, vorkommen, immer in enger Verbindung zu Anhäufungen dunkler oder leuchtender interstellarer Materie (Dunkelnebel und Emissionsnebel) stehen und in den Farben-Helligkeits-Diagrammen junger Sternhaufen oberhalb der Hauptreihe liegen. Die Klasse der T-Tauri-Sterne ist von A. H. Joy (1942) auf spektroskopischen Merkmalen begründet worden. Ihre Mitglieder sind so gut wie immer Veränderliche vom Typ RW Aurigae, so daß beide Bezeichnungen nahezu Synonyme sind und auch als solche gebraucht werden. Das Spektrum der T-Tauri-Sterne besitzt zahlreiche Emissionslinien. Besonders auffällig sind die Balmerlinien des Wasserstoffs und die H- und K-Linie des einmal ionisierten Kalziums, sowie Emissionslinien des Eisens bei 4063 und 4132 Å und oftmals verbotene Linien von einmal ionisiertem Schwefel. Bei mehr oder weniger vielen Sternen wurden noch andere Emissionslinien, darunter verbotene Sauerstofflinien, gefunden. Wenn ein Absorptionsspektrum beobachtet werden konnte, so hat man es meist den Spektralklassen F bis K zugeordnet, in vielen Fällen fehlen aber stellare Absorptionslinien.

Das reiche Emissionsspektrum deutet auf eine ausgeprägte Hülle hin, deren Dichte zum Teil aber gering genug sein muß, um das Entstehen verbotener Linien zu ermöglichen. Auch die oben erwähnten FeI-Linien setzen der Dichte eine obere Grenze. Sie verdanken ihr Zustandekommen einem Fluoreszenzvorgang, wie wir ihn ähnlich bereits bei den Of-Sternen kennengelernt haben. Er beruht darauf, daß eine FeI-Linie bei 3969 Å die gleiche Wellenlänge hat wie die starke Emissionslinie, die sich durch die Überlagerung einer CaII-Linie bei 3968 Å und der H ϵ -Linie bei 3970 Å bildet. Indem die Eisenatome diese Strahlung absorbieren, gelangen sie besonders häufig in den Ausgangszustand für die Emission der oben genannten Linien bei 4063 und 4132 Å Wellenlänge. Das Strahlungsfeld kann solche einseitigen Überbesetzungen bestimmter Atomzustände nur erzeugen, wenn die Zahl der Zusammenstöße der Atome untereinander vergleichsweise gering ist, also die Dichte genügend niedrig ist. Gerade das Auftreten von Fluoreszenz und verbotenen Linien weist nachdrücklich darauf hin, daß zwar Ähnlichkeiten und Beziehungen zum Spektrum der Chromosphäre der Sonne bestehen, daß es jedoch auch beträchtliche Unterschiede gibt.

Den stärksten Emissionslinien, das sind die langwelligsten Balmerlinien des Wasserstoffs sowie die H- und K-Linie des einmal ionisierten Kalziums, sind sehr oft schmale Absorptionslinien überlagert, die nach der kurzwelligen Seite des Spektrums hin verschoben sind. Man fand bei RY Tauri z. B. Geschwindigkeiten von -75 bis -100 km/s gegenüber der Radialgeschwindigkeit des Sterns. Man kann diese Beobachtungen als Ausdruck einer Hüllenexpansion deuten. L. V. Kuhi (1964) berechnete unter dieser Annahme den Massenverlust eines T-Tauri-Sterns zu rund $1 \cdot 10^{-7}$ Sonnenmassen im Jahr.

Alle T-Tauri-Sterne besitzen auffällige Infrarotexzesse. Sie sind zum Teil auf kontinuierliche Emission des Gases zurückzuführen. Bei großen Wellenlängen liefern aber Staubhüllen entscheidende Beiträge. Der zirkumstellare Staub macht sich auch durch seine verfärbende Wirkung im sichtbaren Spektralbereich bemerkbar. Insbesondere führt man die Veränderlichkeit der Sterne wenigstens zum Teil auf Veränderungen in der Durchsichtigkeit der Hülle zurück.

Von G. F. Gahm, H. L. Nordh, S. G. Olofson und N. C. J. Carlborg (1974) ist kürzlich der Stern RU Lupi gleichzeitig spektroskopisch und photometrisch (bei 12 Wellenlängen zwischen 3490 und $10410 \text{ \AA}$) untersucht worden. Sie fanden, daß der Stern in allen Wellenlängenbereichen veränderlich ist und die Amplituden die gleiche Wellenlängenabhängigkeit besitzen wie das interstellare Verfärbungsgesetz. Dieser Befund legt die Deutung nahe, daß die Helligkeitsänderungen des Sterns dadurch verursacht werden, daß sich die Durchsichtigkeit der Hülle ändert. Die Änderungen müssen etwa 1^m von einem Tag zum anderen betragen. Man hat sich demnach die Hülle als aus Wolken aufgebaut zu denken, die den Stern umlaufen. Nimmt man an, daß diese Wolken den dreifachen Sonnenradius haben, so beträgt die Dichte (Gas und Staub) 10^9 bis 10^{10} Teilchen je cm^3 und die Gesamtmasse der Hülle 10^{21} g .

Über die Herkunft der Hüllen um die T-Tauri-Sterne kann man noch nichts Endgültiges sagen. Einerseits liefern die Profile der Emissionslinien Hinweise auf abströmendes Gas. Allerdings ist diese Deutung nicht unstritten. Andererseits handelt es sich um junge, in große Mengen interstellarer Materie eingebettete Sterne. Die Theorie der Sternentstehung sagt voraus, daß sich bei der Bildung von Sternen aus einer interstellaren Wolke ihre mittleren Gebiete viel schneller zusammenziehen als die äußeren Teile. Es könnte daher sehr wohl sein, daß die Hüllen um die T-Tauri-Sterne und die anderen jungen Sterne Reste des Baustoffs dieser Himmelskörper sind.

2. Andere junge Sterne

In Nebeln kommen häufig noch Sterne vor, die Emissionslinien und/oder Infrarotexzesse aufweisen, jedoch die spektroskopischen Kriterien der T-Tauri-Sterne erfüllen. Erwähnt seien hier die bemerkenswerten Sterne FU Orionis und V1057 Cygni. Diese beiden Sterne erlebten 1936 bzw. 1969 innerhalb eines Jahres eine Helligkeitssteigerung um 6 Größenklassen. V1057 Cygni schien vorher ein gewöhnlicher T-Tauri-Stern mit dem Spektraltyp Ke zu sein. Nach dem Aufleuchten klassifizierte man ihn als F I. Die Bedeutung dieser Erscheinung ist noch nicht bekannt. Man hat aber vermutet, daß die beobachtete Helligkeitssteigerung auf ein schnelles „Aufklaren“ einer Staubhülle zurückzuführen sein könnte.

Ganz kurz wollen wir noch die punktförmigen Infrarotquellen streifen. Am bekanntesten ist die Quelle, die von E. E. Becklin und G. Neugebauer (1957) im Orionnebel I' nördlich des Trapezes (θ^1 Orionis) entdeckt wurde. In ihrer Umgebung sowie in anderen diffusen Gasnebeln hat man inzwischen noch mehrere Himmelskörper dieser Art gefunden. Da bisher kaum mehr als die Infrarot-

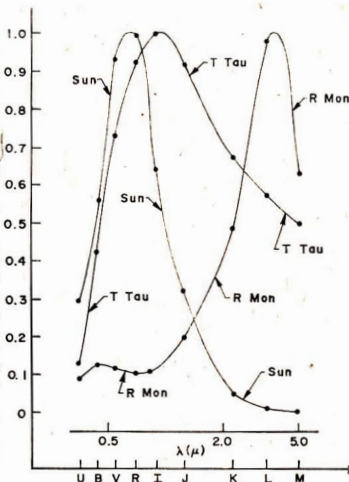


Abb. 14: Spektrale Energieverteilung für T Tauri und R Monocerotis. Beide T-Tauri-Sterne sind vom Spektraltyp G. Das Sonnenspektrum ist zum Vergleich eingetragen.

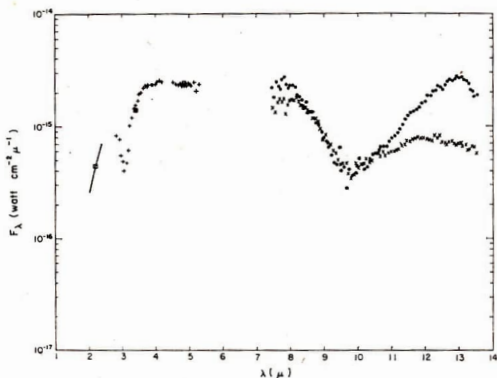


Abb. 15:
Infrarotspektrum des Becklin-Neugebauer-Objekts (x) und des Kleinmann-Low-Nebels. Das Auftreten der beiden Banden deutet auf eine hohe Extinktion zwischen Objekt und Beobachter hin.

helligkeit in ein paar Wellenlängenbereichen bekannt ist, sind nur Abschätzungen über die Leuchtkräfte verfügbar, die jedoch unsicher sind, denn die interstellare Extinktion kann nicht verlässlich berücksichtigt werden. Fest steht aber, daß es sich den Leuchtkräften nach um O-Sterne oder Überriesen handeln muß.

Es gibt zwei Vermutungen über das Wesen dieser Himmelskörper. Einmal hat man angenommen, daß es sich (speziell im Fall des Becklin-Neugebauer-Objektes) um einen stark verfärbten Überriesen vom Spektraltyp F handle (M. V. Penston, D. A. Allen und A. R. Hyland, 1971). Der notwendigen Verfärbung entspricht eine visuelle Extinktion von 80 Größenklassen, (!), die von der interstellaren Wolke hervorgerufen wird, die sich im Radiofrequenzspektrum durch zahlreiche Moleküllinien bemerkbar macht. Der andere Deutungsvorschlag besitzt gegenwärtig größere Anziehungskraft. Wir könnten Protosterne vor uns haben, die, dicht eingepackt in interstellares Gas und Staub, auf dem Wege zur Hauptreihe sind. Die Tatsache, daß die punktförmigen Infrarotquellen mit OH- und H₂O-Maserquellen eng vergesellschaftet sind, paßt in dieses Bild, da theoretisch in den kühlen und noch genügend dichten äußeren Teilen von Protosternen günstige Voraussetzungen für das Zustandekommen von Maser-Vorgängen zu erwarten sind. An der nötigen Pumpenergie, in Form von Infrarotstrahlung, fehlt es nicht.

Betrachtungen zum Unternehmen Salut 4/Sojus 17

KARL-HEINZ NEUMANN

Nach einem 30tägigen Flug landeten die sowjetischen Kosmonauten Gubarjow und Gretscho am 9. Februar 1975 wieder wohlbehalten auf der Erde. Dieses Unternehmen war der bisher längste sowjetische Raumflug. Die Ergebnisse, die sie mit ihren Forschungsarbeiten an Bord der Raumstation Salut 4 erreichten, sind – was Qualität und Quantität betrifft – das Effektivste, was sowjetische Raumflüge bisher erbrachten. Es gab eine Besonderheit, die dieses Unternehmen noch auszeichnete. Auf eigenen Wunsch verlängerten die Kosmonauten an vielen Tagen ihres Einsatzes ihre Arbeitszeit auf 15 bis 20 Stunden. Sie hatten versucht, während ihres Einsatzes ein Maximum an Ergebnissen zu liefern. Es ist ihnen gelungen. Da sie sich relativ schnell der Schwerelosigkeit anpaßten und ihr ständig von der Erde her überwachter Gesundheitszustand ausgezeichnet war, gestatteten die leitenden Ärzte in der Bodenkontrolstation diese von ihnen gewünschte Verlängerung ihrer Arbeitszeit.

Charakteristisch für diesen Flug war, daß in starkem Maße astrophysikalische Beobachtungsaufgaben absolviert wurden. Man könnte Salut 4 als erstes bemanntes astrophysikalisches Observatorium auf der Umlaufbahn bezeichnen. Natürlich fanden auch eine Reihe weiterer physikalischer, technologischer sowie biologisch-medizinischer Experimente Anwendung. Auch gezielte Erdbeobachtungen mit Fotokameras, Multispektralkameras, Fernsehkameras, Infrarotdetektoren, Mikrowellendetektoren und dem Spektrografen RSS-2 wurden ausgeführt. Im folgenden sollen einige dieser wissenschaftlichen Untersuchungen sowie die dazu benutzten Instrumente und Apparaturen kurz beschrieben werden.

1. Lageorientierungs- und Lageregelungssystem

An Bord der Raumstation Salut 4 befanden sich 2000 verschiedene Geräte und Apparaturen. Ihr Gewicht betrug mehr als 2 Tonnen. Interessant ist ferner, daß im Navigationskomplex des Raumschiffes auch Ionenorientierungsgeber eingesetzt wurden. Daneben waren solare und stellare Sensoren vorhanden, ferner Infrarotstrahlungsdetektoren, die die räumliche Lage bezüglich des Erdhorizontes messen konnten. Besonders vorteilhaft war der Einsatz der Ionenorientierungssensoren in den Fällen, in denen die Orientierung des Raumschiffes sehr schnell erfolgen mußte. Innerhalb weniger Minuten gestatteten es diese Sensoren, die Kaltgasdüsen steuerten, die Raumstation nach dem Geschwindigkeitsvektor zu orientieren. Die Ionenorientierungsgeber haben beispielsweise gegenüber inertialen Systemen (Kreiselsteuerung) folgende Vorteile: Die Reaktionszeit ist geringer, sie beträgt nur Bruchteile einer Sekunde; sie haben ein bedeutend geringeres Gewicht, welches nur wenige Kilogramm beträgt; ihre Dimension ist ebenfalls geringer, sie benötigen nur eine verschwindend kleine Menge an elektrischer Energie, ihre Kosten sind niedriger und sie besitzen außerdem eine fast unbegrenzte Lebensdauer. Sowohl in der unbemannten als auch in der bemannten Flugphase konnten die Ionenorientierungsgeber mit großem Erfolg eingesetzt werden.

2. Das Sonnenteleskop

Eines der wesentlichsten astrophysikalischen Instrumente war das Sonnenteleskop mit der Bezeichnung OST-1. Es war außen an der Raumstation angebracht. Zum Einlegen und zur Bergung der Filmkassetten mußten sich die Kosmonauten durch eine Luftschleuse nach außen begeben. Das Teleskop hatte einen Hauptspiegel von 25 cm Öffnung und eine Brennweite von 2,5 m. Es war als Cassegrain-System mit einem Sekundärspiegel aufgebaut. Das Instrument ist von den Mitarbeitern des Astrophysikalischen Observatoriums auf der Krim entwickelt worden. Mit seiner Hilfe erfolgten Aufnahmen ausgewählter Gebiete der Sonnenoberfläche im Bereich der Ultraviolett- und Röntgenstrahlung. Die in engen Spektralbereichen ausgeführten Aufnahmen ermöglichten z. B., die Struktur lokaler solarer Magnetfelder zu erfassen. Nach der vorläufigen Auswertung der Ergebnisse äußerten sowjetische Wissenschaftler, daß daraus mit 80 %iger Sicherheit bevorstehende Sonneneruptionen vorausgesagt werden können. Eine möglichst genaue Vorhersage von Sonneneruptionen ist für zahlreiche Lebensbereiche von wesentlicher Bedeutung. Das betrifft auch die Festlegung von Startterminen für bemannte Unternehmungen.

Ein bisher einmaliges technologisches Experiment führten die Sojus-17-Kosmonauten mit dem Sonnenteleskop aus. Während der Erdumkreisung in der Hochatmosphäre schlugen einzelne Elementarteilchen und zum Teil auch Moleküle mit extrem hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche der Raumstation. Dabei wird aus ihr eine große Anzahl einzelner Teilchen herausgeschleudert, die eine Art Mikroatmosphäre um die Station bilden. Es handelt sich dabei um feste Teilchen feinsten Staubes. Sie setzen sich u. a. auch an der kalten Spiegeloberfläche ab. Damit werden die optischen Eigenschaften des Spiegels verringert. Es war deshalb notwendig, daß die Oberfläche des Haupt- und des Sekundärspiegels dieses Teleskops erneut mit Aluminium belegt werden mußte. Das geschah durch eine Fernsteueranlage, die der Bordingenieur Gretschnko in der Raumstation bediente. Damit wurde demonstriert, daß es möglich ist, die Lebensdauer kostspieliger Teleskope in Raumstationen auf der Erdumlaufbahn durch mehrfache Neubelegung zu verlängern.

3. Experiment „Emission“

Ein weiteres Experiment in der Orbitalstation Salut 4 trug die Bezeichnung „Emission“. Dabei wurde die Intensität des Resonanzleuchtens der Hochatmosphäre bestimmt. Dieses Eigenleuchten der Atmosphäre (Nachthimmelleuchten) tritt auf der Schattenseite der Erde auf. Hervorgerufen wird es durch die UV-Strahlung der Sonne, die die Atome der Hochatmosphäre ionisiert. Bei diesem am Tage erfolgenden Prozeß werden auch sogenannte Photoelektronen ausgelöst. Diese erzeugen eine Anregung der Atome und Moleküle ihrer Umgebung und führen zum Teil zur Dissoziation von Molekülen. Es

treten komplizierte chemische Reaktionen auf, die dieses Nachthimmelleuchten hervorrufen. Es ist im allgemeinen sehr schwach und kann nur mit sehr empfindlichen Geräten untersucht werden. Extremfälle dieses Nachthimmelleuchtens sind Polarlichterscheinungen, die meist nur in hohen geographischen Breiten und bei hoher Sonnenaktivität zu beobachten sind. Hierbei spielen aber vor allem Elektronen und Protonen, die von der Sonne stammen und in die Hochatmosphäre eindringen, die wesentlichste Rolle bei der Auslösung dieser Naturerscheinung. Erhitzungen in der Ionosphäre, Magnetstürme u. ä. stehen damit in Zusammenhang. Von den Polen aus gehen wellenförmige Schwingungen in Richtung des Äquators.

Das genaue Erkennen dieser und der nicht genannten Zusammenhänge ist eine wesentliche Aufgabe der Geophysik, die sich mit Mitteln der Raumflugtechnik in bedeutend besserem Maße lösen läßt, als es bisher möglich war. Bei bisherigen Erdbeobachtungen benutzte man zur Untersuchung des Nachthimmelleuchtens bzw. der Polarlichterscheinungen die Linien des atomaren Wasserstoffs im roten Bereich des Spektrums. Die Stärke dieser Linie ist ein absolutes Maß für die Temperatur in der Hochatmosphäre der Erde. Mit der Orbitalstation Salut 4 wurden diese Untersuchungen in der Ionosphäre direkt ausgeführt. Man konnte damit Spektren aufnehmen, die eine bedeutende Präzisierung des Zusammenhangs zwischen der Stärke dieser Spektrallinie und der Plasmatemperatur ermöglichten. Besonders wertvoll waren dabei die in der ersten vorläufigen Auswertung bekanntgegebenen Ergebnisse. Das betrifft vor allem die Breitenabhängigkeit (geomagnetische Breite), Untersuchungen in den Ionosphärenanomalien in Äquaturnähe und auch die Veränderungen, die in höheren geomagnetischen Breiten aufgetreten sind. Da mit diesen Veränderungen in der Hochatmosphäre auch Luftlichtveränderungen einhergehen, sind die gewonnenen Erkenntnisse für die Planung und Realisierung der verschiedenartigsten Satellitenunternehmungen bzw. bemannter Raumflüge von nicht unerheblicher Bedeutung. Es wurde außerdem erkannt (vorher schon theoretisch vermutet), daß die bei Magnetstürmen auftretenden wellenförmigen Schwingungen in der Elektronenkonzentration sich auf die Funktion der elektronischen Geräte auswirken. Selbstverständlich sind die Forschungen auf diesem Sektor keinesfalls abgeschlossen. Die Ergebnisse des Unternehmens „Emission“ mit Salut 4/ Sojus 17 sind ein erster Anfang der direkten Untersuchung.

4. Experiment „Spektrum“

Ein weiteres, wenig beachtetes Experiment bei diesem Raumflugunternehmen trug die Bezeichnung „Spektrum“. Es bezieht sich auf aerophysikalische Untersuchungen. Im Prinzip steht es mit dem eben erwähnten Experiment Emission in Zusammenhang. Hier wurde direkt die Intensität der auftretenden Teilchen gemessen.

Zur Aufstellung quantitativer Modelle der oberen Atmosphäre, die für die Konstruktion von Raumflugkörpern eine wesentliche Rolle spielen, sind derartige Untersuchungen notwendig. Das Experiment „Spektrum“ lieferte Angaben über die Dichte, die Zusammensetzung und Temperatur der Hochatmosphäre. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, festzustellen, welche Wechselwirkung es zwischen dem Raumflugkörper und den Teilchen der Hochatmosphäre gibt. Bisher erfolgten diese Messungen mehr oder weniger passiv, da nur die Abbremsung eines Raumflugkörpers als Maß für die Teilchendichte benutzt wurde. Bei der Einleitung der Rückkehr wird bekanntlich ein Raumflugkörper auf eine Abstiegsbahn gebracht, bei der der „Luftwiderstand“ zur Abbremsung der kosmischen Geschwindigkeit dient. Um diese Abbremsung genau berechnen zu können, müssen die genannten Daten der Hochatmosphäre bekannt sein. Wie Dr. W. Leonas vom Institut für Weltraumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR betonte, sei dies vor allem für die Entwicklung mehrfach verwendbarer Kosmolojts notwendig. Bei Laborversuchen ließen sich diese Bedingungen bisher nicht realisieren. Deshalb mußte man dazu übergehen, direkte Messungen im erdnahen kosmischen Raum auszuführen. Die auf empirischem Wege erhaltenen Angaben aus der Beobachtung der Abbremsung von erdumkreisenden Körpern reichten nicht aus.

Salut 4 besaß zwei Meßapparaturen zur Bestimmung der neutralen und der ionisierten Komponente der Hochatmosphäre. Bei einer der Anlagen wurden die Teilchen in Bündeln unter verschiedenen Winkeln auf ein Spezialtarget gelenkt. Gemessen wurde die Geschwindigkeit der reflektierten Teilchen.

Der zweite Analysator war unbeweglich. Er befand sich in Richtung der Längsachse der Raumstation. Er stimmte für die meiste Zeit mit der Flugrichtung der Station überein. Bei diesem Analysator wurde die bremsende Spannung an einem Gitter stufenweise verändert. Damit ließ sich das Energiespektrum der auftretenden Teilchen bestimmen. Die Untersuchungen erfolgten abwechselnd bezüglich Ionen und neutraler Teilchen. Das ermöglichte, die wichtigsten physikalischen Charakteristika sowohl der Ionen als auch der neutralen Teilchen getrennt voneinander zu bestimmen. Auch das Potential des Raumschiffes zu dem umgebenden Plasma ließ sich sicher ableiten.

5. Biologische Experimente

Während der bemannten Phase des Fluges von Salut 4 erfolgten sechs biologische Experimente. Zwei davon wurden mit Mikroorganismen ausgeführt. Einmal mit der einzelligen Chlorellaalge und das zweite mit Kolibakterien. Zwei weitere mit Tieren, und zwar Froschlaich und der bekannten Fliege *Drosophila*. Ein weiteres Experiment erfolgte mit der Aufzucht höherer Pflanzen, in diesem Falle Erbsen, im Zustand der Schwerelosigkeit, und beim sechsten Experiment verwendete man Gewebekulturen von Säugetieren.

Experimente mit der Chlorellaalge waren schon bei früheren Raumflügen ausgeführt worden. Bei diesem Experiment wurden verschiedene Kulturen dieser Algenart verschiedenen Beleuchtungseffekten ausgesetzt. Damit will man ermitteln, welches die günstigsten Beleuchtungsverhältnisse für die photosynthetische Aktivität dieser Algenart sind. Ferner wird untersucht, ob es genetische oder physiologische Veränderungen unter der Schwerelosigkeit und unter verschieden starken Beleuchtungsverhältnissen gibt.

Die Kolibakterien sind ein beliebtes Forschungsobjekt der Mediziner und Biologen. Auch Hygieniker benutzen sie beispielsweise zur Bestimmung des Sauberheitsgrades von Räumen. Die Besatzung von Salut 4 züchtete Kolibakterien in einem Mikrobekultivator. Hauptziel war es, genetische Grundprozesse zu studieren, um festzustellen, ob im Zustand der Schwerelosigkeit bei Mikroorganismen in aufeinander folgenden Kulturen Veränderungen auftreten. Bisher waren die meisten Wissenschaftler der Meinung, daß bei Mikroorganismen im Zustand der Schwerelosigkeit keine Veränderungen erfolgen, da bei ihnen die genetischen Prozesse nicht von der Schwerkraft abhängen.

Ebenfalls genetischen Untersuchungen diene das Experiment mit den *Drosophila*-fliegen. Die in einem Spezialgerät untergebrachten Fliegen wurden bezüglich der Erbmutationen untersucht. Es soll herausgefunden werden, ob der Zustand der Schwerelosigkeit zu verstärkten Erbmutationen führt. Während der Flugdauer entstanden einige Generationen dieser Fliegenart. Die Wissenschaftler hoffen, aus diesem Experiment Rückschlüsse ziehen zu können, ob auch beim Menschen erbliche Veränderungen auftreten. Nicht nur genetische, sondern auch embryologische Bedeutung hat das *Drosophila*-experiment, denn alle Entwicklungsstadien vollzogen sich hier über Generationen hinweg.

Ein ebenfalls embryologischer Versuch war der mit dem Froschlaich. Verwendet wurde der Laich einer südamerikanischen Froschart. Die Eizelle des Froschlaichs ist komplizierter aufgebaut als die der *Drosophila*. Während des frühen Entwicklungsstadiums vollzieht sich nach ganz bestimmten Prinzipien die Teilung der Eizelle. Dieser Vorgang ist schwerkraftabhängig, da diese Teilung durch die Verlagerung von Eidottermasse bedingt ist. In der Schwerelosigkeit verharrt die Eidottermasse in ihrer Lage, was zu Mißbildungen führen kann. Dies zu untersuchen war Ziel des Froschexperiments. Das Experiment „Oase“ bestand aus einem Kleinstgewächshaus, in dem die Kosmonauten Erbsen aufziehen sollten. Nachdem die Raumfahrer die Station Salut 4 erreicht hatten, schalteten sie das Bewässerungs- und Beleuchtungssystem ein. Die Erbsenkörner begannen zu keimen. In der weiteren Entwicklung fotografierten die Kosmonauten diese Pflanzen periodisch. Es ging dabei darum, die Wuchsrichtung der Wurzeln und der Stengel im Zustand der Schwerelosigkeit zu beobachten. Als erstes konnte bereits festgestellt werden, daß das Wachstum ohne Lichteinwirkung regellos verläuft. So kam es vor, daß bei einer Reihe von Pflanzen die Stengel in den Nährboden hineinwuchsen, während die Wurzeln in die Luft strebten. Bei diesem Experiment erfolgte eine periodische Lichteinwirkung wie sie auf der Erde gegeben ist. Man hofft in der Auswertung feststellen zu können, ob die fototropische Reaktion eine Ausrichtung der grünen Pflanzenteile zum Licht bewirkt. Sollte das Experiment positive Ergebnisse zeigen, so ist damit gesichert, daß an Bord künftiger Raumstationen auch „Treibhäuser“ frische Nahrungsmittel für Kosmonauten liefern können.

Bei dem Versuch mit den Gewebekulturen wurde ein Spezialbehälter verwendet. Die Temperatur in der Zelle betrug 37 Grad Celsius. Vor Abschluß des Experiments wurden einige der Gewebekulturen mit Hilfe chemischer Reagenzien fixiert und damit das Wachstum unterbrochen. Sowohl diese als auch einige lebende Kulturen wurden zur Erde zurückgebracht.

6. Hochatmosphäreuntersuchungen

Die Untersuchungen mit den beiden Sonnenspektrometern des Gerätekomplexes „KSS-2“ dienten vornehmlich der Erforschung des Bereiches der Hochatmosphäre, der durch Flugzeuge oder Ballonaufstiege nicht erreicht werden kann und in dem der Flug eines Erdsatelliten infolge der relativ hohen Luftdichte unmöglich ist. Exakte Kenntnisse über diesen Bereich sind von großer Bedeutung für die Dynamik der gesamten Atmosphäre. Besonders wesentlich ist dabei die Ozonschicht und der Wasserdampfgehalt in diesem Höhenbereich. Die Ozonschicht schirmt die untere Atmosphäre bzw. die Erdoberfläche vor der solaren UV- und Röntgenstrahlung ab und der Wasserdampfgehalt in der Mesosphäre spielt eine wesentliche Rolle bei der Absorption der solaren Wärmestrahlung. Die Spektral-

meter besaßen Schlitze von 0,05 mm Breite. Die Aufnahmemethode war folgende: Möglich war die Aufnahme von Sonnenspektren nur in wenigen Minuten während des Sonnenauf- bzw. -Untergangs für die Station. Die Station mußte dabei so ausgerichtet sein, daß die Schlitze der Spektrografen exakt senkrecht zum Erdhorizont standen. Die fotografisch festgehaltenen Spektren ergaben dann einen Vertikalschnitt vom Erdhorizont bis in Höhenbereiche von über 200 km. Das eine Spektrometer nahm Ultraviolettpektren auf, aus denen man die Dichte und Ausdehnung der Ozonschicht bestimmen konnte und das zweite Infrarotspektren, mit deren Hilfe sich die Wasserdampfkonzentration für verschiedene Höhenbereiche bestimmen ließ.

Zwischen der 607. und 610. Erdumkreisung führten die Kosmonauten acht solcher Messungen (jeweils vier im UV- und vier im Infrarotbereich) aus. Alle $1\frac{1}{2}$ Sekunden wurde ein Spektrum aufgenommen. Mit diesem Experiment konnten insgesamt 1200 Spektren fixiert werden. Man erhofft sich aus diesen zahlreichen Vertikalschnitten Angaben, inwieweit der Luftverkehr in großen Höhen den Zustand der Ozonschicht beeinflußt. Aus den Untersuchungen über die Wasserdampfkonzentration in der oberen Atmosphäre könnten auch neue Erkenntnisse, z. B. über die leuchtenden Nachtwolken, die in einem Höhenbereich von etwa 80 km auftreten, gewonnen werden.

7. Röntgenstrahlungsastronomie

Bedeutungsvoll waren auch die Untersuchungen auf dem Gebiet der Röntgenstrahlungsastronomie. Mit dem Röntgenstrahlungsteleskop an Bord von Salut 4 konnten Strahlungsquellen im Wellenlängenbereich von 1 bis zu 60 Å untersucht werden. Zu dem Teleskop gehören drei Detektoren, die eine Gesamtfläche von 450 cm² haben und die Röntgenstrahlung im Bereich von 1 bis 10 Å registrieren können. Ein vierter Detektor mit 40 cm² arbeitet im Bereich von 6 bis 60 Å. Als Empfindlichkeit des Röntgenstrahlungsteleskops wurde ein Hundertstel Quant pro cm² und Sekunde angegeben. Diese Empfindlichkeit reicht für die Untersuchung aller bisher bekannten Röntgenstrahlungsquellen aus. Beobachtungsobjekte waren weiße Zwerge, Neutronensterne und sogenannte Schwarze Löcher.

Amateure beobachten und berichten

Nova in Cygnus 1975

Einen Tag nach ihrer Erstentdeckung wurde die Nova Cygni auch an der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ in Eilenburg fotografiert. Die Information über ihre Existenz erhielten wir am 30. 8. 1975 anlässlich eines Besuches am Observatorium Ondrejov/ČSSR. Bei der Aufnahme am 30. 8. 1975, 21.55 MEZ, zeigte das Objekt die maximale Helligkeit von 2^m (s. Abb. rechts oben). Eine weitere Aufnahme am 1. 9. 1975, 22.56 MEZ, zeigt die Nova bereits im Abklingen mit fast 4. Größe.

Aufnahmedaten: Kamera Exakta 2,8/50 auf I b-Montierung nachgeführt. Belichtungszeit 10 min auf Film NP 27.

EDGAR OTTO

Nova Cygni im Feldstecher beobachtet

An zehn Tagen konnte ich die Nova Cygni in Dresden beobachten. Die erste Beobachtung erfolgte rund 90 Minuten nach ihrem Aufleuchten. Nach meiner eigenen Bestimmung betrugen die Koordinaten des Objektes

RA = 21 h 10 min (± 5 min), Dekl. = $+47,5^\circ$ ($\pm 1^\circ$).

Am 31. August führte ich eine Farbbestimmung durch, deren Ergebnis allerdings recht unsicher ist. Es ergab sich ein Farbwert zwischen gelb bis orange.

Einen plötzlichen Helligkeitsabfall bemerkte ich am 1. September zwischen 19.50 Uhr und 21.20 Uhr MEZ, der aber höchstens 0,2 ausmachte. Ab 2. September wurden die Helligkeitsschätzungen, die aus der Tabelle hervorgehen, mit einem Zeiss-Feldstecher 8×30 gewonnen. Daraus ergab sich die in der Abbildung wiedergegebene Lichtkurve (in der die beiden Tage 29. 8. und 9. 9. wegen zu unsicherer Werte nicht mit enthalten sind).

Im Selbstauferrohr 50/330 mm (mit Brillenglas) war stets, wie nicht anders zu erwarten, ein punktförmiges Sternchen zu sehen.



Foto oben: E. Otto

Nova in Cygnus 1975

Foto unten: H. Busch

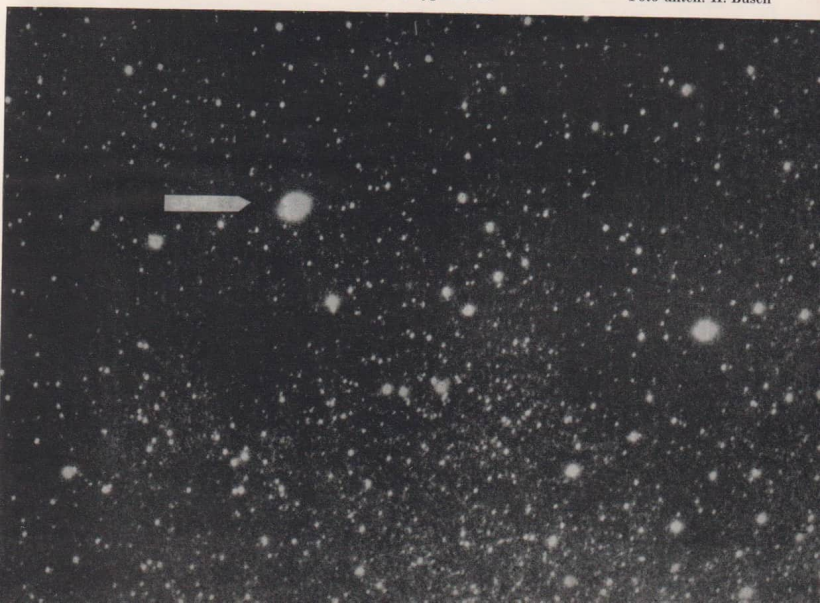




Foto oben: H. Mraß

Komet 1975 h

Foto unten: K. Müller





Foto oben: M. Dietrich

Foto unten: Volkssternwarte „Simon Stevin“, Hoeven/Niederlande





Abb. 1

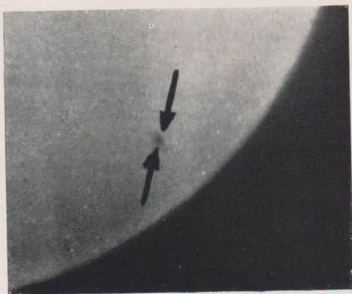


Abb. 2

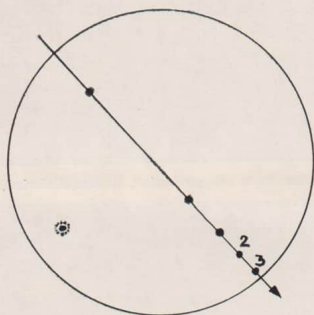


Abb. 4

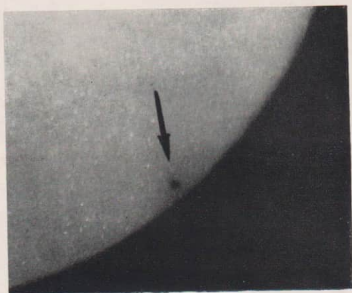


Abb. 3

Flugkörper vor der Sonnenscheibe

Am 3. 7. 1975 konnte ich an meinem Refraktor 50/540 den Durchgang eines bewegten Objektes vor der Sonnenscheibe beobachten. Der Vorgang begann 6.53 Uhr MEZ und dauerte etwa 10 Sekunden. Eine sofort belichtete fotografische Aufnahme zeigte den Flugkörper am Sonnenrand (Abb. 1). Ich vermutete, daß ich den Vorbeigang eines Raumflugkörpers beobachtet hatte, von dem ich annahm, daß er etwa 90 Minuten Umlaufzeit besitzt und in 24 Stunden demzufolge rund 16 Umläufe vollendet. Bedenkt man, daß sich die scheinbare Rektaszension und Deklination der Sonne in 24 Stunden nur geringfügig ändert, mußte bei ein wenig Glück am nächsten Tag das „Schauspiel“ wieder beobachtbar sein.

Also richtete ich am 4. Juli mein Fernrohr erneut auf die Sonne. Um 6.52 Uhr — etwa 30 Sekunden früher als am Vortage — konnte ich die Erscheinung beobachten. Es spricht alles dafür, daß es sich beide Male um den gleichen Flugkörper gehandelt hat (Abb. 2 u. 3). Bewiesen ist das (infolge meiner Näherungs-Überlegungen) allerdings nicht.

Die Phasen des Durchgangs im umkehrenden Fernrohr am 4. 7. 1975 gibt Abb. 4. Die darin markierten Orte 2 und 3 nennen die in den gleichlautenden Abbildungen wiedergegebenen Positionen. Links in Abb. 4 ein Sonnenfleck von der Größe etwa des Erddurchmessers.

ANDRÉ LING

Abb. 1:
Helligkeitsverlauf bei Nova
Cygni 1975
(aus Schätzungen).

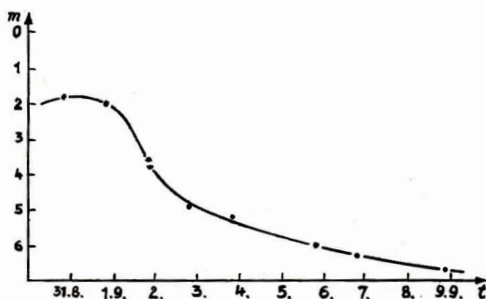


Tabelle der Helligkeitsschätzungen an Nova Cygni 1975

Tag	29. 8.	30. 8.	31. 8.	1. 9.	2. 9.	3. 9.	5. 9.	6. 9.	8. 9.	9. 9.
MEZ	21.20	20.00	20.35	19.50	20.20	20.10	20.10	19.50	20.25	20.15
m_{vis}	≈ 2	1.8	2.0	3.6	4.9	5.2	6.0	6.3	6.7	< 6.7

HANS-JÖRG METTIG
13 Jahre

Komet 1975 h

Aufnahmedaten

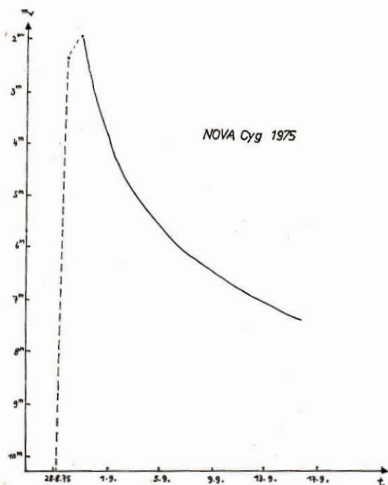
Objekt: Komet 1975 h. — 13. 8. 1975 22.00 Uhr (MEZ) $\alpha = 12^h00^m$ $\delta = +44^\circ57'$ (1950).
Optik: Teleobjektiv 5.6/1000 mit Pentacon Six.
Leitfernrohr: Coudé 150 mit Fadenkreuzmikrometer. Belichtungszeit: 1 Stunde. Plattenmaterial: ZU 2.

Für die Aufnahme eines verhältnismäßig lichtschwachen Kometen eignet sich besonders das Spiegelteleobjektiv 5.6/1000. Die Brennweite von 1000 mm ermöglicht ein hohes Auflösungsvermögen und liefert bei einem Blickfeld von $3^\circ \times 3^\circ$ einen notwendigen Kontrast, der Belichtungszeiten von 1 und mehr Stunden ohne störende Schwärzung der Platte durch den Himmels hintergrund zuläßt.

Schwierigkeiten bei der Aufnahme traten in der Nachführung des Kometen auf, weil sich im Fadenkreuz der Mittelpunkt des diffusen und lichtschwachen Kometenkopfes nicht ermitteln ließ.

Daher wurde bei der vorliegenden Aufnahme ein in unmittelbarer Nähe des Kometen befindlicher Stern im Verlaufe der Belichtungszeit so im Fadenkreuz bewegt, daß seine Spur der zu erwartenden Bewegung des Kometen entsprach. Die auf diese Weise „simulierte Nachführung“ des Kometen setzt sich aus 60 Korrekturen zusammen, die mit Hilfe des Fadenmikrometers nach vorangegangener Berechnung erfolgten. Im Ergebnis zeigen die Sternspuren einen geraden Verlauf, während der Komet selbst scharf abgebildet ist.

H. MRASS
Sternwarte Schwerin



Nova Cyg 1975. Vorläufige visuelle Lichtkurve. Beobachter: H. BUSCH, K. HÄUSSLER, Sternwarte Hartha

Komet 1975 h

Bereits am 29. Juli 1975 bemerkten wir auf einer Aufnahme des Kometen 1975 h einen Schweif von etwa 2,5° Länge, der sehr lichtschwach und nur mit unserer Optik 1:4, $f = 500$ mm bei 45 Minuten Belichtungszeit nachweisbar war (Film NP 27). Am 3./4. August 1975 fertigten wir mit der Astrokamera 60/270 mm auf NP 27 eine Aufnahme mit 105 Minuten Belichtungszeit an, die den Schweif jedoch auch nur andeutungsweise zeigte. Eine gleichlaufende Aufnahme mit dem Objektiv 1:4, $f = 500$ mm auf NP 27-Film zeigte bei 85 Minuten Belichtungszeit den Schweif so deutlich, daß er auf dem Positiv sichtbar gemacht werden konnte. Auf einer weiteren Aufnahme bei gleicher Expositionszeit und Filmpflichtigkeit mit dem Objektiv 1:5,6; $f = 1000$ mm war der Schweif infolge der geringeren Lichtstärke der Kamera nahezu unsichtbar.

Beobachtungen mit dem 110-mm-Kometensucher ergaben, daß der hellste Teil des Schweifes am 13./14. August visuell sichtbar war. Anfang August konnte mit dem Kometensucher vom Schweif noch nichts festgestellt werden.

KARLHEINZ MÜLLER
Volkssternwarte Drebach

Komet 1975 h

Der Komet, erstmalig am 2. Juli 1975 in Japan beobachtet, erreichte am 21. 7. 1975 mit 0,27 AE seine größte Erdnähe. Während am Anfang seine Helligkeit mit 7^m angegeben war, betrug sie z. Z. der Aufnahme schon 5^m. Die Schweiflänge hatte zu dieser Zeit etwa 2 Grad. Bei der Beobachtung mit freiem Auge zeigte sich der Komet als schwacher Nebelfleck. Die Aufnahme S. III zeigt den Kometen im Sternbild UMa. Der helle Doppelstern in der oberen Ecke ist Mizar mit Alkor.

Aufnahmedaten:

Abb. S. III, Datum 3. Aug. 1975, Zeit 22.37 bis 23.17 MEZ, mit Astrokamera 56/250 auf ORWO ZU 2-Platte. Ort: Radebeul.

MARTIN DIETRICH

Komet 1975 h

Die Aufnahme S. III wurde mit einer 6 × 6 cm Kamera (f/3,5 – 150 mm) und einer Belichtungszeit von 20 min am 14. Juli auf Kodak Tri-X erhalten. Während der Aufnahme zog die sowjetische Orbitalstation Sojus-Salut durch das Gesichtsfeld.

Volkssternwarte „Simon Stevin“ Hoesen/Niederlande

Komet 1975 h

14. 7. 1975, (22 h 30 min). Bei Beobachtungen im Sternbild Delphin wurde ein nebliger Fleck, ohne zentrale Verdichtung von etwa 6^m5 vis. beobachtet. Da wir bei den Koordinaten RA 20 h 50 min, Dekl. 17,7° im Sternatlas kein Objekt fanden, schlußfolgerten wir, einen Kometen vor uns zu haben.

2. 8. 1975, (21 h 43 min). Erneute Suche nach dem Kometen zeigte ihn bei den Koordinaten. RA 13 h 25 min, Dekl. 52°40'. Die Helligkeit betrug etwa 6^m0. Bei 22facher Vergrößerung wurde keine zentrale Verdichtung gesehen.

3. 8. 1975, (21 h 45 min). Die Helligkeit betrug wieder 6^m0. Der Komet befand sich bei RA 13 h 15 min, Dekl. 53°40'.

5. 8. 1975, (21 h 10 min). Die Helligkeit wurde 5^m5 geschätzt. Das Objekt war leicht ellipsoidisch und ohne zentrale Verdichtung. Die Koordinaten waren RA 12 h 55 min Dekl. 52°20'.

6. 8. 1975, (21 h 05 min). Aussehen wie am Vortag, ebenso die Helligkeit. Ein Kern war schwach zu erkennen. RA 12 h 35 min, Dekl. 52°10'.

Ein Schweif konnte an keinem der Tage gesehen werden. Es wurde jeweils parallel an einem Refraktor 50/540 und einem Cassegrain-Spiegel 150/2250 bei 22facher bzw. 56facher Vergrößerung beobachtet.

THOMAS MÜLLER/HARTMUT BRETSCHNEIDER
Sternwarte Schneeberg

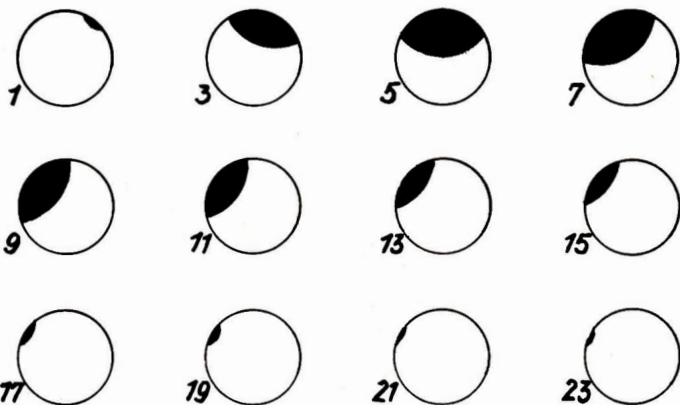
Rudolf Brandt (+) zum Gedächtnis:

„Die Vermutung liegt nahe, daß die Erkundung des erdnahen und interplanetaren Raums mit den modernsten Mitteln von Wissenschaft und Technik die Beobachtung des Himmels mit dem einfachen Feldstecher überflüssig werden läßt. Zahlreiche Briefe... beweisen das Gegenteil. Die Zahl der „Feldstecher“-Sternfreunde nimmt zu; vor allem bekundet die Jugend ein wachsendes Interesse für astronomische Vorgänge“.

Aus Rudolf Brandt: Himmelsbeobachtung mit dem Feldstecher (S. 5)

Mit der Veröffentlichung der folgenden Beobachtungsreihe einer Liebhaberin der „Feldstecher-Astronomie“ ehren und gedenken die Amateurastronomen der DDR des verdienstvollen Dipl.-Optikers RUDOLF BRANDT, Sonneberg, der mit seinen Veröffentlichungen und Anleitungen auf diesem Gebiet vielen Amateurastronomen die ersten Schritte bei der Beobachtung von „Himmelswundern“ gehen half. „Astronomie und Raumfahrt“ wird die Bestrebungen unseres am 18. Januar verstorbenen Freundes der Amateur- und Liebhaberastronomen weiterführen.

Die Redaktion



Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11

Beobachtungsort: Rostock, Werftdreieck

Instrument: Feldstecher 10 × 40 auf Stativ, Sonnendämpfgläser (hell)

Sichtbarkeit: mäßig bis gut

Ziel der Beobachtung: Finsternisverlauf in Phasenskizzen erfassen

Beobachtungsergebnisse:

Nr. der Zeichnung	Zeit (MEZ)	Sichtbedingungen	Bemerkungen
1	6 ^h 31 ^m	Schichtwolken	ohne Gläser
2	6 ^h 56 ^m	Schichtwolken	ohne Gläser
3	7 ^h 04 ^m	Schichtwolken	ohne Gläser
4	7 ^h 07 ^m	Schichtw. aufblühend	mit Gläsern
5	7 ^h 18 ^m	Schichtw. aufblühend	mit Gläsern
6	7 ^h 23 ^m	Schichtw. aufblühend	mit Gläsern
7	7 ^h 28 ^m	fast klar	mit Gläsern
8	7 ^h 36 ^m	fast klar	mit Gläsern
9	7 ^h 46 ^m	fast klar	mit Gläsern
10	7 ^h 50 ^m	fast klar	mit Gläsern
11	7 ^h 59 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
12	8 ^h 02 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
13	8 ^h 09 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
14	8 ^h 14 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
15	8 ^h 16 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
16	8 ^h 19 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
17	8 ^h 21 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
18	8 ^h 22 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
19	8 ^h 24 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
20	8 ^h 24,5 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
21	8 ^h 25 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
22	8 ^h 25,5 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
23	8 ^h 26 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern
24	8 ^h 26,6 ^m	Bewölkung schwach	mit Gläsern

Beobachter: Elvira Pfitzner, Udars/Rügen

(Beobachtungsskizzen nur als Auswahl wiedergegeben).

Komet Westphal wird in Sonnennähe erwartet

In den letzten Monaten des Jahres 1975 wird „Westphal“ zurückerwartet. Er gehört zu den kurzperiodischen Kometen und durchläuft seine Bahnellipse in gut 61 Jahren. Nach den Bahnelementen, die bei seiner letzten Sonnennähe, im Jahre 1913, berechnet wurden, versuchte ich, die Ellipse, den Bahnabschnitt in Sonnennähe und die Neigung zu skizzieren, um so die Bedingungen für die Beobachtung dieses Kometen zu ermitteln.

Die Bahnlage ist so, daß der Komet bei ausreichender Helligkeit (er wird in einer Liste heller Kometen ab 3^m aufgeführt) und guten Sichtbedingungen etwa ab September bis in den Januar hinein ein lohnendes Beobachtungsobjekt wird.

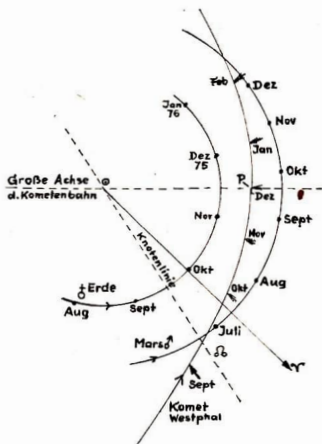


Abb. 1: Verlauf der Kometenbahn in Sonnennähe, wobei die Neigung nicht berücksichtigt wurde.

Er könnte in den Sternbildern Places/Fische, Aries/Widder, Triangulum/Dreieck, Perseus und Auriga/Fuhrmann ab etwa 20.00 Uhr sichtbar sein, da seine Neigung recht groß und die Bewegungsrichtung rechtläufig ist. Eine Bahnstörung durch die Planeten Mars und Jupiter ist unwahrscheinlich, da diese sich nicht in der Nähe der Schnittpunkte aufhalten. Bleibt nur zu hoffen, daß der Komet Westphal pünktlich erscheint und nicht durch Störungen in eine andere Bahn gezwungen wurde.

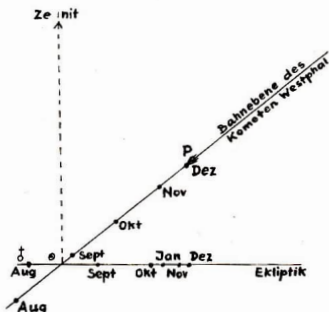


Abb. 2: Neigung der Kometenbahn gegen die Ekliptik.

Die Bahnelemente entnahm ich aus:

Richter, N. B.: Statistik und Physik der Kometen, das im Jahre 1954 in Leipzig erschienen ist.

ELVIRA PFITZNER

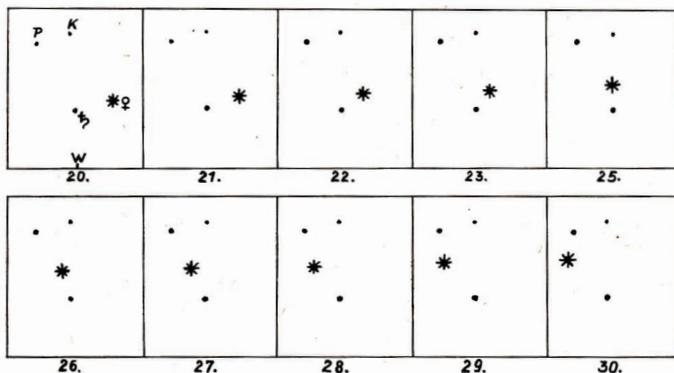
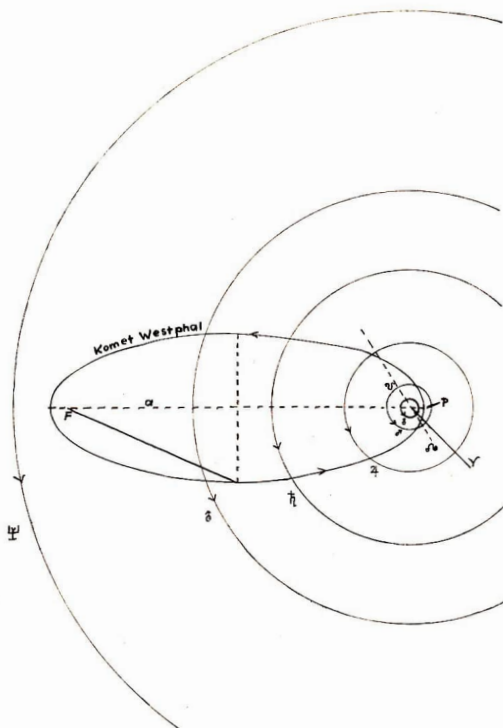


Abb. 1: Beobachtung der Konstellationen Venus - Saturn - Kastor - Pollux. 1975 Mai 20 - 30 jeweils ab 21.30 Uhr MEZ
Beobachtungsort: Udars/Rügen, Beobachter: Elvira Pfitzner.

Abb. 3:
Bahnellipse des Kometen
innerhalb des Sonnen-
systems mit verein-
fachten Planetenbahnen.
Ellipse nach der Zwei-
kreisekonstruktion.



Temperaturverlauf während der partiellen Sonnenfinsternis vom 11. 5. 1975

Die maximale Bedeckung der Sonne durch den Mond trat hier 7^h20^m ein, das waren 35% der Gesamtfläche der Sonne. In Eilenburg begann die Bedeckung 6^h25^m mit dem 1. Kontakt und endete 8^h20^m mit dem 4. Kontakt. Zu Beginn der Finsternis war es leicht bedeckt, doch kurz nach dem 1. Kontakt klarte es auf. Zwei Schüler der Arbeitsgemeinschaft „Astronomie“ maßen fortlaufend die Änderung der Lufttemperatur. Die Aufgabenstellung dieser Schüler lautete: „Untersucht, ob die nicht sehr starke Verfinsternung einen Einfluß auf den morgendlichen Temperaturanstieg hat!“

Die Beobachtung fand in der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg, statt.

Zu den Temperaturmessungen wurden zwei Thermometer mit einer Meßgenauigkeit von $0,2^\circ\text{C}$ verwendet. Diese befanden sich mit ihren Quecksilberkugeln etwa 1,50 Meter über dem Erdboden. Sie waren an Holzstäben im Abstand von etwa 0,60 m zu einem Holzhäuschen aufgehängt.

Das eine Thermometer war auf der Sonnenseite angebracht, das andere hing im Schatten. Diese Anlage befand sich abseits der Beobachtungsplattform, da sonst die vielen Besucher evtl. Störungen verursacht hätten. Die Messungen wurden auch nicht in der Nähe von Betonwänden oder ähnlichem durchgeführt, da diese durch die Sonneneinstrahlung Wärme speichern. Bei der Wärmeabgabe könnte es dadurch zu falschen Meßergebnissen führen. Die Temperaturmessungen wurden in Abständen von 5 Minuten vorgenommen, die Auswertung erfolgte graphisch (Abb. 1).

Wie aus dem Diagramm ersichtlich, trat die erste Abweichung vom normalen Temperaturanstieg um 7.00 Uhr MEZ auf. Die Verfinsternis der Sonne durch den Mond betrug zu dieser Zeit etwa 25,1%.

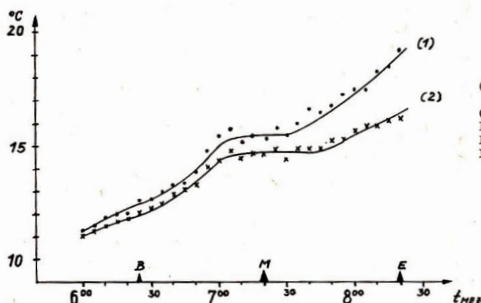


Abb. 1:
Temperaturverlauf während
der partiellen Sonnen-
finsternis 1975 Mai 11.

- (1) = Thermometer im Sonnen-
licht
(2) = Thermometer im Schatten
B = Beginn
E = Ende
M = Maximum } der Finsternis

Der normale Verlauf des Temperaturanstiegs setzte gegen 7.50 Uhr MEZ wieder ein, wobei die Bedeckung noch etwa 17,2% betrug. Witterungseinflüsse, die sich auf den Temperaturverlauf störend auswirkten, waren nicht feststellbar. Durch die Messungen wurde die Vermutung bestätigt, daß auch eine partielle Sonnenfinsternis mit so geringer Bedeckung den normalen Temperaturanstieg beeinträchtigt.

Wie man sehen kann, kam es während der Finsternis zu einem langsameren Anstieg als zuvor bzw. danach. Dabei ist zu bemerken, daß während dieser Zeit ein fast konstanter Temperaturwert abzulesen war, kleine Schwankungen sind z. T. auf Meßungenauigkeiten zurückzuführen.

ANDREAS BECHERT, THOMAS KRUPPA

AG Astronomie Kl. 7 an der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg

Leserbrief

Liebe Redaktion!

Zwickau, den 30. 7. 75

In Heft 3/75 las ich den Artikel von Uwe Bergmann auf den Seiten 92/93 „Helles Meteor beobachtet“.

Bergmann schreibt darin, daß er am 16. Nov. 74 um 22^h18^m MEZ ein Meteor beobachtet hat und zwar mit den Koordinaten der Flugbahn:

Rektaszension 13^h36^m bis 14^h22^m und
Deklination -9°45' bis -16°32'.

Dabei hat das Meteor eindeutig seinen Radianten im Sternbild Löwe und ist mit Sicherheit den Leoniden zuzuordnen, die ja am 16. 11. ihr Maximum erreichten. Nur kann doch mit den Koordinaten etwas nicht stimmen, denn hierbei handelt es sich um die Himmelsgegend zwischen α Virginis und α Librae. Um 22^h18^m MEZ befinden sich jedoch die Sternbilder Jungfrau und Waage noch tief unterm Nordosthorizont. Wo hat Herr Bergmann da sein Meteor gesehen?

Mit freundlichen Grüßen
Matthias (Name unleserlich)

Anmerkung der Redaktion:

Wir danken all den aufmerksamen Lesern, denen der Fehler in Herrn Bergmanns Mitteilung auch auffiel und die uns davon verständigten. Die veröffentlichte Mitteilung stimmt mit dem Originalmanuskript völlig überein. Der Fehler liegt also tatsächlich beim Autor. Obwohl dieser für den Inhalt seiner Mitteilungen grundsätzlich die Verantwortung trägt, bitten wir unsere Leser um Entschuldigung, daß wir den Beitrag vor Veröffentlichung nicht gründlich genug auf seine Publizierbarkeit hin überprüft haben.

In diesem Zusammenhang bitten wir unsere Leser um Verständnis, wenn wir künftig Mitteilungen über helle Meteorerscheinungen nicht mehr einzeln wiedergeben. Sie werden von uns künftig gesammelt und in einer Jahresübersicht veröffentlicht werden. Alle Beobachter bitten wir, nach wie vor ihre diesbezüglichen Wahrnehmungen vollständig zu protokollieren und uns mitzuteilen.

At.

Berichtigung zu Heft 3/75

S. 82, 5. Textzeile, statt FG richtig $\widehat{FG}$,

S. 87, 1. Zeile nach (15), statt berechne) richtig berechnet,

S. 87, 2. Zeile nach (15), statt (13t richtig (13),

S. 88, 1. Zeile v. o., statt $\pm 3,2$ min richtig $\mp 3,2$ min,

S. 89, letzte Zeile, statt 20. = +45,799° richtig 20. α = +45,799°.

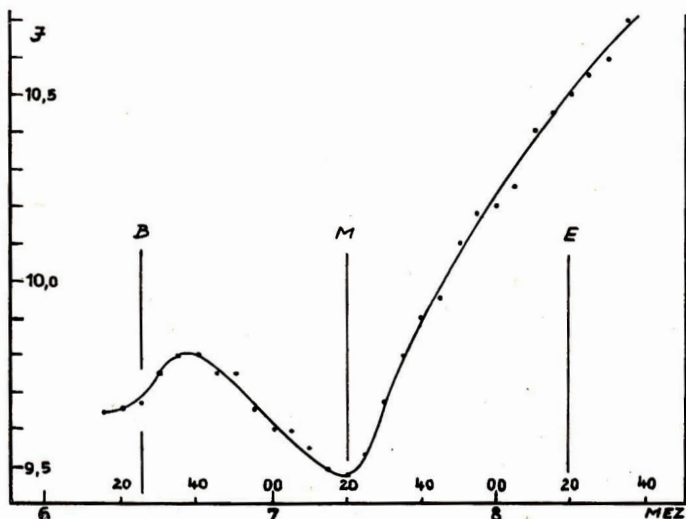


Abb. 1: Verlauf der Himmels-helligkeit während der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11.
B – Beginn, M – Mitte, E – Ende der Finsternis

Beobachtung der Sonnenfinsternis 1975 Mai 11

Ich beobachtete in Dresden-Gönnsdorf ($\varphi = 51^{\circ}2'54''5$; $\lambda = -13^{\circ}45'43''75$) mit einem Refraktor 63/840. Das Sonnenbild wurde über ein unverspiegeltes Pentaprisma und einen Graukeil beobachtet. Zur Messung der Finsternisdauer benutzte ich eine Stoppuhr mit 1/100-Teilung und zur Beobachtung der Himmels-helligkeit einen fotografischen Belichtungsmesser (Typ „Leningrad“).

Der Belichtungsmesser wurde so gegen Zenit gerichtet, daß nur die allgemeine Himmels-helligkeit gemessen wurde, ohne daß die direkte Sonnenstrahlung die Messung beeinflußte. Die im Zeitintervall von 5 Minuten gemessenen Lichtwerte sind der Abbildung zu entnehmen. Der abweichende Verlauf des Kurvenzuges um den Beginn gegenüber dem zu erwartenden gegen Ende der Finsternis, rührt her von der geringen Sonnenhöhe bei Finsternisbeginn und nicht von einer Bewölkung. Der Himmel war am Beobachtungsort wolkenlos, jedoch herrschte starker Dunst vor.

Im Fernrohr konnten am Mondrand deutlich die unterschiedlichen Erhebungen und Mondberge beobachtet werden. Die Dauer der Finsternis bestimmte ich am Fernrohr auf 114,29 Min.

RUDOLF NOACK

Junge Amateure

Beobachtungshinweise für jüngere Beobachter

BERND ZILL

In den letzten Jahren konnte eine Vielzahl von Jugendlichen und Schülern für die Beschäftigung mit der Astronomie gewonnen werden. In den Schulen werden Arbeitsgemeinschaften am stärksten belegt. Dieser Aufschwung wurde auch durch die Ausstattung der Schulen mit Beobachtungsgeräten gefördert. Viele dieser Jugendlichen beschäftigen sich nach ihrer Schulzeit noch mit der Astronomie. Für diese amateurastronomische Tätigkeit sind Kennt-

nisse über Beobachtungsmethoden und über die Beobachtungsobjekte erforderlich. In der Schulastronomie wurden an die Jugendlichen viele Fakten vermittelt. In der amateurastronomischen Tätigkeit kann dieses Faktenwissen durch weitere eigene Beobachtungen belegt werden.

Da die Erde Ausgangspunkt unserer Beobachtungen ist, werden im folgenden Möglichkeiten erläutert, die siderische Rotationsdauer der Erde und die Koordinaten unseres Beobachtungsplatzes zu bestimmen.

Infolge der West-Ost-Rotation der Erde scheint sich der Himmel mit seinen Gestirnen in entgegengesetzter Richtung zu drehen. Zur Zeitmessung bietet sich diese scheinbare tägliche Umdrehung des Sternhimmels oder eines Himmelskörpers an, etwa die der Sonne oder der Sterne. Beginn und Ende einer vollen Umdrehung werden dadurch gegeben, daß eine feste Marke auf der Erde und ein vereinbarter Punkt am Himmel in eine Richtung fallen. Je nach dem Fixpunkt an der Sphäre, dem Frühlingspunkt oder der Sonne, unterscheidet man verschiedene Zeiten: Sternzeit – Sonnenzeit.

Die Umlaufzeit der Erde um die Sonne wird als ein Jahr bezeichnet, dem entsprechen 365,25 mittlere Sonnentage. Die fiktive mittlere Sonne rückt, relativ zum Frühlingspunkt, täglich um 0,99 Winkelgrade von Westen nach Osten im Äquator weiter. Der mittlere Sonnentag ist deshalb um eine entsprechende Zeitspanne länger als der Sterntag.

$$1 \text{ Sterntag} = 0,99727 \text{ mittlere Sonnentage}$$

$$\Delta T = (1 - 0,99727) \cdot 86400 \text{ s} = 253,9 \text{ s} = 3^{\text{m}}55^{\text{s}}9$$

Ein Sterntag ist um $3^{\text{m}}55^{\text{s}}9$ kürzer als ein mittlerer Sonnentag. Diese Zeitdifferenz soll durch Beobachtungen bestimmt werden. Es sind die Zeitpunkte zu ermitteln, zu denen ein Stern an aufeinanderfolgenden Tagen die gleichen Koordinaten Höhe und Azimut hat, d. h. die gleiche Stellung relativ zum Horizont einnimmt. Diese Beobachtung ist auch ohne Fernrohr möglich, indem man nach Olbers das Verschwinden oder Auftauchen eines Sterns an einer Hauskante, Turm oder Schornstein durch eine feste Visiereinrichtung (Fensterkreuz, Lochblende) beobachtet. Bei Beobachtung mit einem Fernrohr (Telemotor) ist die Verwendung eines Okulars mit Fadenkreuz günstig. Steht ein solches nicht zur Verfügung, läßt sich als Marke die Gesichtsfeldblende benutzen. Bei Verwendung eines Fernrohres muß Wert auf die genaue Justierung in Azimut und Höhe gelegt werden. Zur Erhöhung der Genauigkeit ist es vorteilhaft, die Beobachtung nicht zu lange vor oder nach dem Zeitsignal im Rundfunk durchzuführen. Mit einer Uhr bestimmt man den Zeitpunkt des Durchgangs des Sterns durch die Visierlinie, d. h. es wird die Zeitdifferenz zwischen dem Zeitzeichen und dem Verschwinden des Sterns ermittelt.

Diese Werte stellt man nun graphisch dar. Die Meßpunkte werden mit einer ausgleichenden Geraden verbunden, deren Anstieg liefert die siderische Rotationsdauer der Erde (s. Abb. 1). Für das Beispiel ergibt sich als Differenz zwischen einem Sterntag und einem mittleren Sonnentag ein $\Delta T = 3^{\text{m}}59^{\text{s}}$.

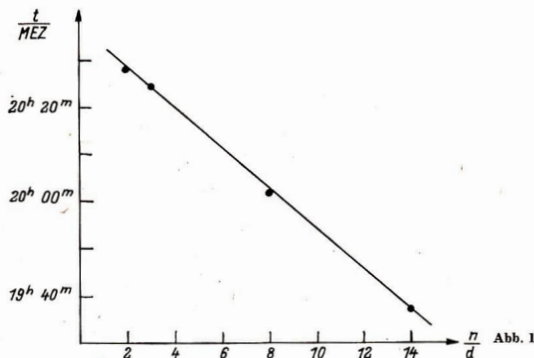


Abb. 1

Beispiel:

Datum	Uhrzeit MEZ	Bemerkungen
Jan. 2	20 ^h 28 ^m 10 ^s	
3	20 ^h 24 ^m 39 ^s	
8	20 ^h 00 ^m 23 ^s	
14	19 ^h 36 ^m 55 ^s	

Die geographischen Koordinaten unseres Beobachtungsortes

Möglichkeiten zur Bestimmung dieser Koordinaten wurden in Astronomie und Raumfahrt 6/74 beschrieben. Es soll hier nur die Möglichkeit mit dem Gnomon aufgezeigt werden. Zunächst ist die Herstellung eines Gnomons erforderlich. Um gute Meßwerte zu erhalten, sind einige Punkte beim Bau eines Gnomons zu beachten. Man verwendet eine glatte, ebene Unterlage, günstig ist ein Reißbrett. Der Schattenstab muß exakt senkrecht gestellt werden.

Das Grundbrett wird auf drei Punkten justierbar gelagert. Die genaue horizontale Lage wird mit einer Dosenlibelle oder einer Wasserwaage kontrolliert. Am Rande der Grundplatte wird eine Stecknadel senkrecht zur Grundplatte befestigt, so daß diese 5 mm—8 mm über die Grundplatte ragt. Daneben wird ein 10...15 cm langer Stab senkrecht befestigt. Am Stabende wird ein Draht rechtwinklig abgebogen. An dessen Ende befindet sich ein Fadenkreuz aus Draht. Am Kreuzmittelpunkt ist ein kleines Senklot aufgehängt, dessen Spitze bei genau horizontal gestellter Platte über die Nadelspitze einjustiert werden muß.

Für Messungen wird ein Bogen Zeichenpapier mit Klebstreifen auf der Grundplatte so fixiert, daß das Papier am Rande von der Nadel durchstoßen wird. Damit ist der Fußpunkt des Gnomons gegeben. Nun wird über eine möglichst lange Zeit vor und nach der Kulmination der Sonne in Abständen von 10 min oder 15 min der Mittelpunkt des Fadenkreuzschattens mit einem harten Bleistift auf dem Papier markiert und mit der Beobachtungszeit versehen. Zur Auswertung wird die Punktreihe mit einem spitzen harten Bleistift und Kurvenlineal durch eine ausgleichende Kurve verbunden. Um den Gnomonfußpunkt werden verschieden große, konzentrische Kreise geschlagen, die je 2 Schnittpunkte mit der Kurve (Hyperbel) haben. Die entsprechenden Schnittpunkte werden durch Sehnen verbunden. Die Verbindung der Schnenmittelpunkte durch eine glatte Kurve schneidet die Hyperbel im Scheitel. Aus den Abständen des Scheitels von den benachbarten Markierungspunkten ergibt sich die Beobachtungszeit. Die Verbindung Gnomonfußpunkt — Scheitel gibt den Verlauf des Meridians an.

Die Berechnung der geographischen Koordinaten erfolgt nach folgenden Beziehungen:

$$\tan(\varphi - \delta) = \frac{x}{H}$$

H = Höhe des Gnomons

φ = geograph. Breite

δ = Deklination der Sonne

(aus Sternkalender) — interpolieren!

x = Abstand des Hyperbelscheitels vom Gnomonfußpunkt

$$t'_0 = t'_{00} + (15^\circ - \lambda) \frac{24 \text{ h}}{360^\circ}$$

nach λ umgestellt:

$$\lambda = \frac{15^\circ}{1^{\text{h}}} (t'_{00} - t'_0 + 1^{\text{h}})$$

λ : Geographische Länge

t'_0 : Ermittelte Kulminationszeit der wahren Sonne am Beobachtungsort

t'_{00} : Kulminationszeit der wahren Sonne auf 0° Länge in Weltzeit (Sternkalender)

Die so ermittelten Werte für die Länge und Breite können mit den Angaben aus einem Meßtischblatt verglichen werden. Für fortgeschrittene Beobachter empfiehlt sich eine Fehlerbetrachtung der ermittelten Werte.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“

Im April 1975 erfolgte die 2. Auswertung der Beobachtungsergebnisse der Veränderlichenbeobachter (Zeitraum Mai 1973 April 1975).

Die 4. Zusammenkunft der Mitglieder des Arbeitskreises fand am 1. 3. 1975 in der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha statt, zu der eine große Anzahl Mitglieder erschienen waren.

Hauptberührungspunkt war die Auswertung der Ergebnisse. Es konnte festgestellt werden, daß die Beobachtungstätigkeit sich verbesserte und trotz ungünstiger Witterungsverhältnisse gute Ergebnisse erzielt wurden. So kamen z. B. zur ersten Auswertung auf 33 Einzelschätzungen ein Ergebnis, zur zweiten Auswertung dagegen schon auf 23.

Insgesamt wurden von 18 Beobachtern an 204 Veränderlichen 10 458 Beobachtungen erhalten:

6640 Einzelschätzungen an **kurzperiodischen Veränderlichen** ergaben 289 Maxima bzw. Minima,

363 Einzelschätzungen an **Mirasternen** ergaben 13 Maxima und

3446 Einzelschätzungen an halb-, unregelmäßigen und unbearbeiteten Veränderlichen.

Die Ergebnisse wurden in den Fachpublikationen „Mitteilungen über Veränderliche Sterne“ Sonneberg, „Mitteilungen der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte“ Hartha und dem „Informationsbulletin Veränderliche Sterne, Komm. 27 der I.A.U.“ Budapest veröffentlicht und damit der Fachastronomie zur Verfügung gestellt.

Für die kommende Zeit wurden neue Programme vorgeschlagen. Wir konzentrieren uns zukünftig mehr auf die Beobachtung ultrakurzer Veränderlicher und auf sog. „vernachlässigte“ Bedeckungssterne. Beschlossen wurde außerdem, Verbindung zu anderen Beobachtergruppen im Ausland aufzunehmen.

Allen aktiven Beobachtern gilt Dank und Anerkennung für die geleistete gute Arbeit. Die nächste Auswertung der Beobachtungsergebnisse wird 1976 erfolgen.

H. BUSCH

Leiter des Arbeitskreises Veränderliche

Arbeitsprogramm der Sektions-AG „Astronomie“ Rostock

Zwischen der Universität Rostock, Sektion Physik, und der Astronomischen Station Rostock besteht seit 1968 eine Vereinbarung über gegenseitige Zusammenarbeit. So hat z. B. der Leiter der Astronomischen Station Rostock die Aufgabe übernommen, eine astronomische Arbeitsgemeinschaft von Studenten zu betreuen. Diese Arbeitsgemeinschaften laufen jeweils mit dem Abschluß des Studiums aus, da nur einige der Diplomphysiker in Rostock bleiben.

Die aus 5 Studenten bestehende Arbeitsgemeinschaft der Sektion Physik arbeitet seit dem 12. Februar 1975 sehr aktiv nach dem angeführten Arbeitsplan. Einige Studenten waren bereits als Schüler in Arbeitsgemeinschaften tätig. Dietmar Kitta in Zittau, Jürgen Rendtel in Potsdam und der Forschungsstudent Torsten Seifert in Rostock.

Die Arbeitsgebiete der Arbeitsgemeinschaft sind eine Fortsetzung der bereits begonnenen Arbeiten einzelner Mitglieder.

Jürgen Rendtel beschäftigt sich bereits seit längerer Zeit mit der Meteorbeobachtung und Dietmar Kitta mit der Astrophotographie. Die entsprechenden Erfahrungen werden genutzt, um die neuen Aufgaben gemeinsam zu lösen. Dabei werden sowohl die Geräte der Sektion Physik als auch die Instrumente der Astronomischen Station Rostock eingesetzt.

Der Arbeitsplan ist als ein Programm für die Tätigkeit der astronomischen Arbeitsgemeinschaft aufzufassen. Um eine effektivere Nutzung zu erreichen, war es notwendig, die Arbeitsgemeinschaft in 2 Arbeitsgruppen aufzuteilen, die sich vorrangig mit der Veränderlichenbeobachtung und der Perseidenbeobachtung befassen.

I. Arbeitsgruppe „Veränderliche Sterne“ (Ltg. D. Kitta)

1. Mirasternen:

T Herculis $\alpha = 18^h 07^m 2^s$	$\delta = +31^\circ 01'$
Periode	$165.00^d \approx 5 \text{ Monate}$
Amplitude	$6^m 8 - 13^m 6$
Minimum nicht visuell beobachtbar.	

Aufnahmearmament: Astrokamera 71/250 (Zeiss-Triplett) oder Astrokamera 56/250

Material: NP 27 Planfilm oder ZU 2-Platte

Methode der Aufnahmegewinnung: Mindestens einmal pro Woche eine Aufnahme mit etwa 30^m Belichtungszeit der entsprechenden Gegend, so daß T Her etwa in Plattenmitte liegt.

Entwickeln: NP 27 in A 49 20°C 14–18^m

ZU 2 in A 49 20°C 16^m

oder in MH 28 I + 4 4–5^m

2. Weitere Veränderliche:

Interessanter Typ „Ultrakurzperiodische Veränderliche“

VZ Cancri Periode $3^h 15^m$ Amplitude $7^m 2 - 7^m 9$ (vis.)

Methode der Beobachtung:

a) visuell durch direkte Beobachtung mit Hilfe eines Beobachtungskärtchens; mit geeigneten Vergleichssterne.

b) fotografisch mit Schmidt-Kamera oder 71er Astrokamera auf NP 27; Maximalbelichtungszeit 5^m; ZU 2-Platte nicht anwendbar.

Die eigentliche Auswertung erfolgt mit der Schätzmethode von Argelander. Die Helligkeiten werden entweder in einem einfachen Schätzmikroskop geschätzt oder als Di durch einen Projektionsapparat. Die Argelander-Methode ist sehr genau und erfaßt Helligkeitsunterschiede bis zu $0^m 1$.

Ziel: Aufstellen einer Lichtkurve; also Abhängigkeit der Helligkeit von der Zeit.

3. Zielstellung:

- Aufstellen der Lichtkurven.
- Bei T Her ist zu überprüfen, inwieweit das berechnete Maximum mit dem beobachteten übereinstimmt, da bei diesen langperiodischen Mira-Sternen oft Periodenänderungen auftreten (bis zu mehreren Wochen).
- Wenn genügend Maxima beobachtet worden sind, werden (B-R)-Kurven aufgestellt.

4. Zur Physik:

Mira-Sterne sind Überriesen, die oft nahe der Stabilitätsgrenze liegen; es sind rote Sterne der Klassen M-K. Als Ursachen des Lichtwechsels werden Durchlässigkeitsänderungen der Sternatmosphäre angenommen, durch das Ausstoßen von Kohlenstoffwolken.

Die ultrakurzperiodischen Sterne bilden einen eigenen Typ; sie ähneln den RR-Lyrae-Sternen. Die Ursachen ihres Lichtwechsels sind wahrscheinlich Pulsationen. Die Lichtkurven unterliegen einer sehr raschen Änderung. Dies könnte nachgewiesen werden.

5. Beobachtung von R Coronae Borealis:

- Völlig unregelmäßiger Veränderlicher; der einer dauernden Beobachtung (Überwachung) bedarf. Die Amplitude kann bis zu 9^m betragen: 5^m8-14^m8.
- Die Lichtkurve macht einen sehr unruhigen Eindruck. Im Maximum können Stillstände bis zu mehreren Jahren vorkommen.
- Die Minima sind von unterschiedlicher Länge (zwischen 1 und 7 Monaten).
- Der Abstieg vollzieht sich in 30-35 Tagen; der Aufstieg dauert meist länger.
- Im Spektrum fehlen bei fast allen CrB-Sternen die H-Linien.
- Über die Ursachen des Lichtwechsels ist nichts bekannt.

6. Weitere Beobachtungen:

- Novae. Fotografische Beobachtung.
- Beobachtungsobjekte der Schnellnachrichten des KB der DDR.

II. Arbeitsgruppe „Mond-Meteorströme“ (Ltg. J. Rendtel)

1. Mond:

Ziele:

1. Bestimmung der Höhe h (über Umgebung) von a) Sinus Iridum (Wall), b) Rupes Recta.
2. Bestimmung des Neigungswinkels von Rupes Recta.
3. Fotografische Verfolgung der Terminatorwanderung in kurzen Zeiträumen (einige Stunden).

Methoden:

1. Fotografie der entsprechenden Regionen mit der Planetenkamera auf NP 15 oder DK 5.
2. Ausmessen der Schattenlängen l; über die Sonnenhöhe α ($\alpha = l_{\text{ss}} - l_{\text{st}}$) wird h ermittelt.
3. Verfolgung der Schattenlänge bis der Hang von Rupes Recta voll beleuchtet wird.
4. Aufnahmen der Terminatorzone mit 1-3 Stunden Abstand und Ausmessen der Verlagerung der Lichtgrenze.
5. Entwicklung von NP 15 mit R 09 in Verd. 1+200 (65^m), und DK 5 mit N 113 (4^m) bei 20 °C.
6. Vergrößerung auf 3 Maße:
 - +a) fokal: Monddurchmesser 17.4 cm (1 mm = 20 km)
 - b) detail: Monddurchmesser 34.8 cm (1 mm = 10 km)
 - +c) detail: Monddurchmesser 173.8 cm (1 mm = 2 km)

2. Planeten:

Ziele:

1. Gewinnung von Aufnahmen des Merkur; wenn möglich mit Phase und deren Veränderung.
2. Verfolgung der Venusphasen bis zur unteren Konjunktion 1975, Juli.
3. Fotografische Verfolgung von Planetenkonstellationen:
 - a) Venus-Jupiter (Mond) um Febr. 17, b) Venus-Saturn um Mai 24 und c) Mars-Jupiter um Juni 16.

Methoden:

1. Einsatz der Planetenkamera und entsprechender Instrumente.
2. Einsatz von NP 15 für Venus und NP 20 oder NP 27 für Merkur.
3. Entwicklung mit R 09 in Verd. 1+200; 65^m, (NP 15, NP 20) bzw. 75^m (NP 27)
4. Für die Konstellationen wird ein Teleobjektiv an der Montierung Id verwendet; hier wird probeweise auch Umkehrfilm verwendet, um die Dias zu Demonstrationszwecken zu benutzen (UT 21).

3. Meteorströme:

- Ziele: Beobachtung der Meteorströme a) Perseiden Aug. 09-16, b) Geminiden Dez. 11-15.

Vorbereitung:

1. Wahl des Beobachtungsortes.
2. Einsatz von Geräten (Fotoapparate, Shutter, Stromversorgung).
3. Einsatz von Verfahren zur Steigerung der Filmempfindlichkeit (Hypersensibilisierung, Latensifikation).
4. Aufstellung der Beobachtungsgruppen (zwei oder drei unabhängig arbeitende Gruppen in 20-30 km Abstand als Meßbasis); Zusammenarbeit mit anderen Arbeitsgemeinschaften (persönliche Kontakte, auf Tagungen).
5. Gemeinsame Vorbereitung der Beobachtung (Einsatz von Planetarium, Sternkarten u. ä.).
6. Beobachtung (Perseiden 21-3 Uhr; Geminiden nach Absprache) mit mindestens 5 Beobachtern je Gruppe.
7. Sammeln der Daten; Entwickeln der Filme (R 09; 1+40).

Auswertungsverfahren und -ziele:

1. Radiantbestimmung.
2. Beobachtung der täglichen Variation (zeitliche und richtungsmäßige Änderungen).

3. Bestimmung der Bahnhöfe (Meßbasis).
4. Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit (Meßbasis, Shutter).

Publikation:

1. „Astronomie und Raumfahrt“, 2. „Die Sterne“ (evtl.).

III. Weitere Tätigkeit der Arbeitsgemeinschaft:

1. Durchführung von Vorträgen (Sektion Physik, Urania, Astronomische Station).
2. Zeitweilige Gestaltung einer Ausstellungsfäche.
3. Veröffentlichung von Arbeitsergebnissen.

Mitglieder:

Kitta, Dietmar	2. Stdj.	Arbeitsgruppe „Veränderliche“
Engelke, Rainer	1. Stdj.	
Rendtel, Jürgen	1. Stdj.	Arbeitsgruppe „Meteorströme“
Weitlandt, Bodo	1. Stdj.	
Selfert, Torsten		Forschungsstudent

OL GÜNTER WEINERT

Leiter der Astronomischen Station Rostock

Kurzberichte

Ausstellung

Anläßlich des 30. Jahrestages der Befreiung vom Faschismus führte die Pionier- und Volkssternwarte Schneeberg eine Ausstellung zum Thema „Die Entwicklung der sowjetischen Raumflugtechnik“ vom 28. 4. 75 – 11. 5. 75 in Schneeberg durch.

In anschaulicher Form wurden wichtige Etappen der Raumflugtechnik dargestellt. Die Ausstellung wurde durch Dia-Ton-Vorträge, eine Filmveranstaltung und einen Zeichenwettbewerb „Wer zeichnet das beste Mondauto?“ ergänzt.

Die Ausstellung hatte das Ziel, in unserer Bevölkerung zur Vertiefung des materialistischen Weltbildes beizutragen. Wissen über die sowjetische Raumfahrt zu vermitteln und vor allem die Freundschaft zu unserer sozialistischen Bruderschaft zu vertiefen.

An der Ausgestaltung und Vorbereitung dieser Ausstellung waren sowohl die Mitglieder der Fachgruppe Astronomie im Kulturbund der DDR als auch die Teilnehmer der Schülerarbeitsgemeinschaft aktiv beteiligt. Die sowjetische Botschaft in der DDR gewährte Unterstützung durch die Bereitstellung von Bildmaterial.

Die zur Eröffnung der Ausstellung anwesenden Vertreter der Kreisleitung der SED, des Kulturbundes, des Rates des Kreises und die Vertreter des Rates der Stadt Schneeberg schätzten die Ausstellung als einen gut gelungenen Beitrag der Sternwarte zum 30. Jahrestages der Befreiung ein.

Die Ausstellung fand unter der Bevölkerung eine gute Resonanz. 4870 Bürger besuchten die Ausstellung.

B. ZILL

Leiter der Sternwarte

VII. Treffen Junger Astronomen der Slowakei

Auf Einladung des Slowakischen Amateurastronomen-Verbandes nahmen drei Mitglieder der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Borge“ im Kulturbund der DDR Potsdam vom 30. 6. bis 6. 7. 1975 am VII. Treffen Junger Astronomen der Slowakei in Jahodna bei Košice teil. Auch aus der VR Ungarn und Bulgarien sowie aus den tschechischen Landesteilen waren Gäste erschienen. Die Veranstalter hatten es ausgezeichnet verstanden,

körperliche und geistige Erholung miteinander zu verbinden. Etwa 100 Jugendliche im Alter zwischen 15 und 20 Jahren hatten ihre Zelte auf einer Bergwiese im Ostteil des Slowakischen Erzgebirges aufgebaut; ferner standen noch Hütten als Unterkunft zur Verfügung. Erholung, Sport und Wanderungen standen im richtigen Verhältnis zu astronomischen Vorträgen, Diskussionen, Filmveranstaltungen und einem Astro-Wettbewerb zwischen den einzelnen Bezirken. Das nahe Berghotel bot für die Veranstaltungen die erforderlichen Räume und diente auch als Verpflegungsstätte. Besondere Höhepunkte waren die abendlichen Beobachtungen in der überaus klaren Gebirgsluft. So konnte man an zwei Abenden mühelos mit bloßem Auge den Kugelsternhaufen M 13 erkennen. Ein Spiegelteleskop Meniscas 150/2250 auf parallaktischer Montierung 1b ermöglichte auch Beobachtungen für anspruchsvollere Amateure.

Für den Gedanken- und Erfahrungsaustausch war reichlich Zeit vorhanden, das gegenseitige Kennenlernen und das Knüpfen freundschaftlicher Beziehungen dürfte gewiß zu den schönsten Erlebnissen dieser Tagung gehören.

Das Treffen Junger Astronomen stand unter dem Leitgedanken des 30. Jahrestages der Befreiung ihrer Heimat. Auf dem Dukla-Paß ehrten die Teilnehmer durch Kranzniederlegungen die gefallenen Helden der Sowjetarmee und der tschechoslowakischen Brigaden. Oberleutnant Krajčik von der 1. tschechoslowakischen Brigade berichtete aus eigenem Erleben über die schweren Kämpfe im Herbst 1944.

Einige ausländische Gäste besuchten das Astronomische Institut in Tatranská Lomnica, wo Frau Dr. Pajdušáková über die Arbeit in den Observatorien Skalnaté pleso und Lomnitspitze berichtete. Frau Dr. Pajdušáková, die die Arbeit der slowakischen Amateurastronomen tatkräftig unterstützt und ein überaus herzliches Verhältnis zu den Jugendlichen hat, sprach in Jahodna über die Zusammenarbeit zwischen der wissenschaftlichen Astronomie und der Amateurastronomie. Für Juli 1976 ist ein Gegenbesuch der slowakischen Freunde in Potsdam vorgesehen.

Beeindruckt von der gut gelungenen Veranstaltung, die der Initiative und dem Geschick der zentralen Verwaltung der Amateurastronomen in Hurbanovo unter Belik, Brezina und Druga zu danken ist, muß man sich die Frage stellen, ob es nicht möglich ist, auch bei uns eine ähnliche Veranstaltung, speziell für junge Sternfreunde, zu organisieren. Sollten wir nicht auch einmal ab und zu von den üblichen Tagungen in mehr oder weniger geeigneten Räumen abkommen und hinausgehen in die Natur? Dieser Bericht könnte eine Anregung für eine sinnvolle Verbindung zwischen körperlicher und geistiger Erholung und nicht zuletzt für die Kollektivbildung und Persönlichkeitsentwicklung sein.

A. ZENKERT

Sonnenturm in Rožnava

In der Volkssternwarte Urania in Rožnava (westlich Košice/ČSSR) errichteten Mitarbeiter der Sternwarte unter Leitung von Juraj Gómori einen 12 m hohen Sonnenturm. Der Kuppeldurchmesser beträgt 1,5 m. Ein noch in Arbeit befindlicher Helio-stat wird dort seine Aufstellung finden. Für das gesamte Instrumentarium ist eine Fernbedienung vorgesehen.

M. DUJNÍČ

Meteoritenfälle

Der Fall eines Meteoriten wurde von Dr. H. K. Afshar vom iranischen geophysikalischen Institut in Amirabad gemeldet. Der Meteorit fiel am 28. August 1974 um 18 Uhr

20 Min. OZ bei der Gemeinde Naragh etwa 85 km südwestlich von Teheran auf das Dach des Laboratoriums der Schule. Er wiegt etwa 2 kg, der Fall wurde von einem starken Geräusch begleitet.

In der ukrainischen Stadt Orlovka fiel am 17. Juli 1974 um 15 Uhr WZ ein Meteorit. Das Komitee für Meteoriten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR erhielt zwei Stücke von 2825 g und 107 g dieses schwarzen Chondriten. Die scharf begrenzten Kanten dieser Teile zeigen, daß es sich um Teile eines größeren Stückes handelt.

Im Staate Connecticut (USA) fiel in Stratford am 27. Mai 1974 um 18 Uhr OZ ein Meteorit, der ein etwa 2,5 cm tiefes Loch in die Asphaltdecke einer Straße riß. Sein Gewicht beträgt 50 g. Die Größe entspricht der einer Walnuß. Es handelt sich dabei um einen Chondriten mit einer glänzenden, glasartigen Rinde. Beim Fall wurde keine Leuchtspur beobachtet, doch konnten zahlreiche Beobachter ein Zischen vernehmen.

Aus der Literatur

Meteoritenkrater in Mexiko?

Ein kreisförmiger Krater mit einem Durchmesser von 1,2 Kilometern, dessen Ursprung möglicherweise auf den Einschlag eines Meteoriten vor rund einer Million Jahren zurückzuführen ist, wurde jetzt in Mexiko entdeckt. Der Krater ist durch die Auswertung einer bereits im Jahre 1959 entstandenen Luftaufnahme der Region Orientalpetate aufgefunden worden. Das fragliche Gelände konnte jetzt näher untersucht werden. Mexikanische Wissenschaftler stellten fest, daß der Kratergrund die umgebende Ebene um etwa 25 Meter überragt, während der Kraterboden bis zu 90 Meter tief abgesenkt ist. Meteoritisches Material ließ sich allerdings noch nicht finden.

ND 12./13. 4. 75

Neuer Komet entdeckt

Mitarbeiter des Astrophysikalischen Observatoriums der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auf der Krim haben zwischen den Sternbildern Krebs und Löwe einen neuen Kometen entdeckt. Der nur schwach leuchtende Himmelskörper erhielt die vorläufige Bezeichnung „1975-c“. Aus den Besonderheiten der sichtbaren Bewegung des Kometen ermittelten die sowjetischen Wissenschaftler, daß sich „1975-c“ innerhalb des Planetoidengürtels in einer Distanz von der Sonne bewegt, die das Drei- bis Vierfache der Entfernung Erde-Sonne beträgt. Jetzt berechnen die Wissenschaftler die Bahn des Kometen um die Sonne.

Sternoberfläche fotografiert

Einen Stern als Scheibe zu fotografieren, gelang erstmals am Kitt Peak National Observatory in Arizona. Dabei konnten auch Oberflächendetails erkannt werden, die den Konvektionsströmungen an der Sonnenoberfläche sehr ähnlich sind. Bisher waren selbst mit den größten Teleskopen alle Sterne nur als punktförmige, nicht ausgedehnte Lichtquellen sichtbar. Bei dem Stern handelt es sich um das hellste Objekt im Sternbild Orion. Es ist ein rund 500 Lichtjahre entfernter roter Überriese, dessen Durchmesser den der Sonne um das 800fache übertrifft. Das am Brennpunkt des 400-Zentimeter-Teleskops erhaltene Bild wurde elektronisch verstärkt und im Computer verarbeitet, um Störeffekte und Rauschen soweit wie möglich zu eliminieren. Auf der Aufnahme ist am Rand der Scheibe ein Muster von Sprenkelungen zu erkennen, die wahrscheinlich auf Inhomogenitäten der Temperaturverteilung zurückzuführen sind.

ND 19./20. 4. 75

Der Andromedanebel

Die bisherigen Kenntnisse über den Andromedanebel – jenem mit bloßem Auge erkennbaren Nebelfleck im Sternbild Andromeda – müssen auf Grund neuer Beobachtungsergebnisse korrigiert werden. Wie M. F. Walker von Lick-Observatorium (USA) in der Zeitschrift „Sky and Telescope“ (Nr. 4/75) berichtet, zeigte sich der Kern des Andromedanebels als ein offensichtlich ganz eigenständiges Gebilde. Bis zu einem Abstand von 17 Lichtjahren vom Zentrum rotiert dieses System wie ein starrer Körper. Am Rande des Kernzentrums beträgt die Rotationsgeschwindigkeit 104 km/s. Eine Umdrehung dauerte demzufolge 310 000 Jahre. Das Brockhaus-Nachschlagewerk „ABC Astronomie“ (Ausgabe 1971) nennt für diesen Bereich nur eine Geschwindigkeit von 87 km/s.

Bei den neuerlichen Untersuchungen wurden auch die äußeren Zonen des Nebels bis zu einem Radius von 110 000 Lichtjahren vermessen. Dabei entdeckten die Astronomen eine zum Teil sehr komplexe Geschwindigkeitsverteilung der heißen Wasserstoffwolken. Bei einem Radius von 6500 Lichtjahren war die Geschwindigkeit auf etwa 50 km/s abgesunken. Das deutet darauf hin, daß in diesem Bereich die Sterndichte wesentlich geringer ist als im Innern des Nebels, wo auf einen Raum von der Form eines Würfels mit einer Kantenlänge von rund 9,5 Billionen Kilometern (= 1 Lichtjahr) 100 Sonnen kämen. Bei 32 000 Lichtjahren Entfernung habe sich die Rotationsgeschwindigkeit der Gaswolken wieder auf etwa 250 km/s erhöht. Die Geschwindigkeit bleibe bis an den Rand des Gebildes annähernd gleich. Diese Angabe stimmt mit den bisher bekannten Daten etwa überein.

Hingegen weicht die neuerliche Berechnung der Sonnenmassen im Andromedanebel von der bislang gelehrten Meinung ab. Der Nebel enthalte nach „Sky und Teleskop“ insgesamt etwa 300 Milliarden Sonnenmassen. Entsprechende Nachschlagewerke berichteten bisher nur von zehn Milliarden Sonnenmassen.

ND 10./11. 5. 75

Sturmsysteme in den Polregionen des Jupiter

Die amerikanische Sonde Pioneer 11, die am 3. Dezember vorigen Jahres den Planeten Jupiter in einem Abstand von nur 42 000 km überflog, lieferte auch von den Polregionen umfangreiche Informationen. Die Jupiterpole können von der Erde her nicht eingesehen werden. Wie die Zeitschrift „Science“ (Band 118, S. 445) berichtet, verschwinden die für diesen Planeten typischen Wolkenbänder in hohen Breiten. An ihre Stelle treten „fleckige Erscheinungen“, die möglicherweise aufquellende Wolken anzeigen.

Mit den möglichen Ursachen hatte sich kürzlich die Zeitschrift „Aviation Week“ bereits befaßt. Nach ihrem Bericht könnten die Quellwolken als hurrikanartige Sturmsysteme gedeutet werden, die als „Pumpen“ fungieren und eine gewisse Überschußwärme an den Weltraum ableiten.

Pioneer 11 soll im September 1979 den Saturn erreichen und dabei etwa 3700 km an der Wolktoberfläche des Planeten vorbeiziehen. Die Bahn liegt zwischen dem Planeten und seinem Ringsystem. Die Sonde wird wahrscheinlich dem Saturnmond Titan in 20 000 km Entfernung begegnen.

ND 7./8. 6. 75

Periodische Prozesse der Sonnenaktivität

Die Aktivität der Sonnenflecken, das stellten Wissenschaftler bereits vor Jahren fest, weist einen 11-Jahreszyklus auf. Weitere Untersuchungen hatten zu dem Ergebnis geführt, daß die Sonnenfleckentätigkeit zusätzliche typische periodische Veränderungen in Zeiträumen von jeweils 179 Jahren zeigt.

Ohne diese Ergebnisse in Frage zu stellen, haben jetzt zwei amerikanische Wissenschaftler eine neue Erklärung für die periodische Sonnenaktivität gefunden. Sie analysierten dazu die in 214 Jahren gesammelten Daten über die Sonnenfleckentätigkeit mit Hilfe eines Computers. Die beiden Wissenschaftler kamen zu dem Schluß, daß die Sonnenaktivität durch zwei periodische Prozesse, die eine Dauer von 11,2 bzw. 9,9 Jahren haben, bestimmt wird. Diese Prozesse überlagern sich, und ihre Wirkung summiert sich. Im Ergebnis dieser Summenwirkung ergibt sich das scheinbare Bild zweier Perioden von 11 bzw. 179 Jahren Dauer. Dieser Effekt ist in der Physik der Schwingungen wohlbekannt und wird als Schwebung bezeichnet. Zur Überprüfung ihres Ergebnisses haben die beiden Forscher ein Intervall von 42 Jahren zwischen den Jahren 1750 und 1792 analysiert. Mit den hier erhaltenen Werten errechneten sie die Sonnenaktivität während der Zeit von 1929 bis 1971 und verglichen das theoretische Ergebnis mit den tatsächlichen Aufzeichnungen. Sie erzielten eine zufriedenstellende Übereinstimmung beider Werte.

Die Bedeutung ihrer Arbeit sehen die Wissenschaftler darin, daß nun besser als bisher die Sonnenaktivität kommender Jahre vorhergesagt werden kann. Derartige Vorhersagen sind nicht nur für Ionosphärenforscher, sondern auch für die Nachrichtentechnik und die Meteorologie von großem Interesse.

ND 28./29. 6. 75

Sonne von Planeten gestört?

Vorgänge auf der Sonnenoberfläche werden merklich von den Planeten beeinflusst. Diese Ansicht vertraten sowjetische Wissenschaftler auf dem VII. Seminar über Probleme der kosmischen Physik. Der Theorie liegt die Annahme zugrunde, daß die Gravitationswirkung der Planeten in der Sonnenatmosphäre auslösen müsse, deren Stärke entsprechend der Bahnbewegung der Planeten mit einer Periode von 11,08 Jahren variere.

Etwa gleichzeitig mit den sowjetischen Wissenschaftlern veröffentlichten amerikanische Fachleute eine Arbeit, in der eine das Gegenteil behauptende Ansicht vertreten wird. Nach amerikanischen Berechnungen zeige lediglich der Planet Jupiter eine Aktivitätsperiode mit einem 11,86-Jahreszyklus. Die Maxima der Jupiterzyklen stimmen aber – nach Unterlagen, die bis zum Jahre 1800 zurückreichen – mit den Maxima der Sonnenflecken nicht überein. Es sei daher nicht anzunehmen, daß die Planetenbewegungen die Entstehung der Sonnenflecken beeinflussen. Es bleibt folglich weiteren Forschungen vorbehalten, diese Frage zu klären.

ND 16./17. 8. 75

Stern mit außerordentlicher Strahlungsenergie entdeckt

Britische Astronomen haben mit Hilfe des Erdsatelliten Ariel 5 am 3. August einen neuen Stern entdeckt. Bei dem Himmelskörper handelt es sich um die stärkste Röntgenstrahlenquelle, die bisher im Weltall registriert wurde. Zum Zeitpunkt der Entdeckung des Sterns betrug dessen Strahlungsenergie das Tausendfache der Energie der Sonne. Während der wiederholten Beobachtung des Sterns am 17. 8. wurde ermittelt, daß die Strahlungsenergie des Sterns ständig intensiver geworden ist, mittlerweile das 35 000fache der Sonne beträgt und noch weiter zunimmt.

ND 19. 8. 75

UFO-Dokumentation

Vom Leiter der Raketenabteilung des französischen Raumforschungszentrums Toulouse, M. C. Poher, wurde eine vierjährige Untersuchung über „Unidentifizierte Fliegende Objekte“ (UFOs) veröffentlicht. 1000 „ernsthafte“ Mitteilungen, 200 davon aus Frankreich, wurden untersucht. Die Verarbeitung durch einen Computer ergab folgenden Befund: Das Phänomen ist

weltweit verbreitet. Die Beobachtungen stehen in Zusammenhang mit der Bewölkung und der Bewölkungsdichte. Das Phänomen wurde in 70% der Fälle von mindestens 2 Menschen bezeugt, mitunter von einer ganzen Stadt. Erwachsene berichteten häufiger als Kinder. Die Augenzeugen gehörten den verschiedensten Berufen an. Wissenschaftler berichten vorzugsweise anonym.

80% der Augenzeugen beobachteten runde Objekte, 20% sahen längliche Objekte. Sie waren rot-orange bei Nacht und metallisch gefärbt bei Tag (70% der Beobachtungen erfolgten nachts.) Die Durchmesser wurden zwischen 10 und 30 Meter angegeben. Die Angaben über die Geschwindigkeit streuten stark. Poher fand, daß die Meldungen übereinstimmen, ohne irgendwelche Beziehungen zu Nationalität oder Bildungsgrad des Beobachters.

Bz.

Naturw. Rdsch. 4/1975

Anmerkung der Redaktion: Meiden die UFOs die DDR?

Heos 2 – Komet Kohoutek

In der Endphase des Heos-2-Fluges zeigte sich bei Berechnungen, daß vom Kometen Kohoutek wegströmende Staubteilchen die Bahn der Erde kreuzten. Per Funkbefehl wurde an Bord von Heos 2 die Öffnung des Mikrometeoriten-Detektors in Richtung der erwarteten Kohoutek-Teilchen gedreht. Während der letzten 54 Tage der Flugmission trafen 7 Staub-Partikel das Meßinstrument, die eindeutig vom Kometen Kohoutek stammen.

Die mit $15-20 \text{ km s}^{-1}$ schnellen Teilchen verdampften beim Aufprall vollständig. Das entstehende Plasma wurde elektrisch vermessen. Es ergab sich eine Partikelmasse zwischen 10^{-11} g und 10^{-13} g .

Das Plasma erlaubt aber auch Rückschlüsse auf die Chemie der Partikel.

Bz.

Gravitationswellen

Nach einer mehr als zehnjährigen Entwicklungsarbeit an Detektoren zum Nachweis kosmischer Gravitationswellen, meldete Weber (University of Maryland) 1969 erste Erfolge. 1970 berichtete er, daß seine Interferometeranordnung mit einer Basislänge von 1000 km grob auf das galaktische Zentrum hindeute. 1970/71 beobachtete er im Mittel etwas über 1 Ereignis pro Tag. Die Astrophysiker hegten Zweifel an Webers Ergebnissen, daß diese hohe Zahl von Ereignissen einen jährlichen Umsatz von einigen Millionen Sonnenmassen im galaktischen Zentrum bedeutet.

Die Nachrichten aus Maryland veranlaßten verschiedene Forschergruppen, die Webersche Apparatur nachzubauen. Keiner Gruppe gelang es, Gravitationswellen nachzuweisen, obwohl die verwendeten Detektoren noch empfindlicher waren als die Weberschen.

Bz.

Ultrakompakte H-II-Regionen und OH-Quellen

Die gemeinsame Arbeit von niederländischen und westdeutschen Radioastronomen brachte einen bemerkenswerten Fortschritt zur Klärung des Maser-Phänomens.

Gestützt auf die Beobachtung von 13 Typ I-OH-Quellen schlagen die Autoren folgendes Bild für das Maser-Phänomen vor. Sobald ein massereicher Stern die Hauptreihe erreicht hat, wird er zunächst eine sehr kleine H-II-Region ausbilden. In dieser Phase kann ein OH-Maser vom Typ I auftreten. Er wird ein paar tausend Jahre lang existieren, bis die H-II-Region auf 15000 AE angewachsen ist. Danach bietet sie die vertraute Erscheinung einer normalen kompakten H-II-Region.

Bz.

Zehn Gebote für den Beobachter veränderlicher Sterne

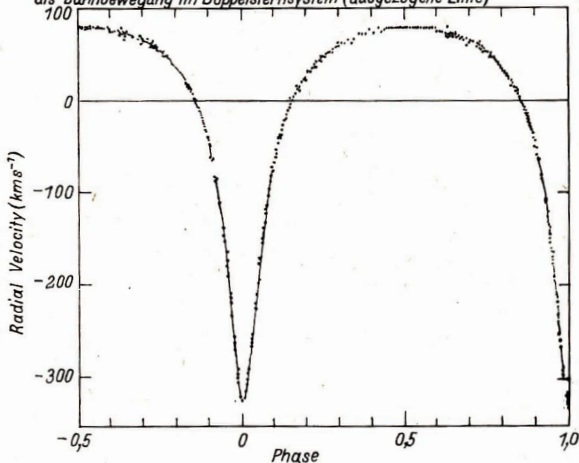
E. Ströbing gibt innerhalb einer Einführung in die Beobachtung veränderlicher Sterne zehn Gebote für den Beobachter an.

1. Beobachte nie in zu großen Zenitdistanzen.
2. Größere Höhendifferenzen zwischen dem Variablen und dem Vergleichssterne sind schädlich.
3. Man vermeide auch größere Differenzen im Azimut, außer in Zenitnähe.
4. Man wähle die Vergleichssterne möglichst in derselben Farbe, die der Veränderliche hat.
5. Der Messungsfehler nimmt mit der Größendifferenz zu.
6. Keine Beobachtung, wenn Dämmerung oder Mondschein stark stören.
7. Störung durch künstliche Beleuchtung vermeiden.
8. Vergleichen sollen in bezug auf den Veränderlichen symmetrisch liegen.
9. Jede Besonderheit sofort im Beobachtungsbuch notieren.
10. Bei ungeeigneten Luftverhältnissen unterlasse man die Beobachtung lieber vollständig. Man benutze die Zeit besser zur Berechnung anderer Berechnungen.

Bz.

Sternenrundschau 1975, Heft 6.

Die gemessene Geschwindigkeitskurve des Pulsars (Punkte) und die Deutung als Bahnbewegung im Doppelsternsystem (ausgezogene Linie)



Pulsar in Doppelsternsystem entdeckt

Hulse und Taylor fanden einen Pulsar (PSR 1913+16), dessen Periode (59 ms, die kürzeste nach der des Crab-Pulsars, 33 ms) sich nicht mit der gewünschten Genauigkeit von $1\mu\text{s}$ bestimmen ließ. Es traten von Tag zu Tag Schwankungen bis zu $\pm 80\mu\text{s}$ und innerhalb von 5 Minuten um $\pm 8\mu\text{s}$ auf. 10 μs pro Jahr betrug bisher die größte bekannte säkulare Periodenänderung.

Diese großen Schwankungen lassen sich als Dopplerverschiebung auf Grund einer Bahnbewegung deuten (s. Abb.). Es lassen sich vorläufig nur einige Bahnelemente angeben. Die Umlaufperiode beträgt 0,32, die Massenfunktion ist

$$f(M) = (M \sin i)^3 / (M_1 + M_2)^2 = 0,13 \pm 0,01 M_\odot$$

wobei i die Neigung der Bahnebene gegen den Sehstrahl, M_1 die Masse des Pulsars und M_2 die Masse des noch unbeobachteten Begleiters darstellen. Die große Bahnhalbachse beträgt $1,00 \pm 0,02 R_\odot$, also ein sehr enges Paar. Die Entfernung wurde auf 5 kpc geschätzt.

Der Pulsar 1913 ± 16 wird uns sicher noch weiter beschäftigen, da die Beobachtung dieses Systems viele anstehende Fragen beantworten wird: Erstmals wäre eine direkte Massenbestimmung eines Pulsars möglich. Dieses System stellt ein nahezu ideales Labor zum Testen der Relativitätstheorie dar (Relativistischer Dopplereffekt und Gravitationsrotverschiebung werden leicht zu messen sein).

Bz.

Unsere Autoren

Dr. J. Gürtler, 69 Jena, Universitätssternwarte
Karl-Heinz Neumann, 108 Berlin, Mohrenstr. 36/37
Edgar Otto, 728 Eilenburg, Sternwarte
Helmut Busch, 7302 Hartha, Sternwarte
H. Mraß, 27 Schwerin, Weinbergstr. 17
K. Müller, 9362 Drebach, Sternwarte
M. Dietrich, 8122 Radebeul, Augustusweg 101
André Ling, 15 Potsdam, Kl. Weinmeisterstr. 14
Th. Müller/H. Bretschneider, 9412 Schneeberg, Sternwarte
Elvira Pätzner, 2331 Ubars, Post Granskevit
Heinz Albert, 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8
Hans-Jörg Mettig, 8020 Dresden, Tiergartenstr. 30c
A. Becherl/Th. Kruppa, 728 Eilenburg, Sternwarte
Rudolf Noack, 8101 Gönnsdorf über Dresden
Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17
Bernd Zill, 94 Aue, Straße der Befreiung 9

1976	PLANETENSICHTBARKEIT (I)												für d. Monatsmitte							
Planet geht vor Sonne auf								ganze Nacht sichtbar				geht nach Sonne unter								
un-sicht-bar				Std.								Std.				un-sicht-bar				
				2	3	4					4	3	2							
J					♀				♂♂ 4								♀			
F					♀♀								♂♂ 4							
M	♀				♀								♂♂ 4							
A	♀												♂♂				4 ♀♀			
M	4												♂♂				♀			
J	♀♀				4												♂♂			
J					4												♂♂ 4 ♀			
A					♂				4								♂♀♀			
S					♂				4								♀♂			
O					♀♀				♂♂ 4								♀♂			
N									♂♂ 4								♀♂♂			
D	♂♂								♂♂ 4								♀♀♀			

1976	PLANETENSICHTBARKEIT (II)									
	Tabelle gibt Planetenörter in Tierkreissternbildern									
	Sonne	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Pluto	
	☉	☿	♀	♂	♃	♄	♅	♆	♇	♁
J	♏/♐	♐	♍	♏	♈	♄	♈	♈	♍	♏
F	♐/♑	♐	♏/♐	♏	♈	♏	♈	♈	♍	♏
M	♑/♈	♑	♑	♏/♏	♈	♏	♏	♏	♍	♏
A	♈/♏	♏	♈	♏	♏	♏	♏	♏	♍	♏
M	♏/♏	♏	♏/♏	♄	♏	♏/♄	♏	♏	♍	♏
J	♏/♏	♏	♏	♄/♏	♏	♄	♏	♏	♍	♏
J	♏/♄	♏	♄	♏	♏	♏	♏	♏	♍	♏
A	♄/♏	♏	♏	♏	♏	♏	♏	♏	♍	♏
S	♏/♏	♏	♏	♏	♏	♏	♏	♏	♍	♏
O	♏	♏	♈	♏/♈	♏	♏	♏	♏	♍	♏
N	♈/♏	♈/♏	♏	♈	♏	♏	♏	♏	♍	♏
D	♏	♏	♐	♏	♏	♄	♈	♏	♍	♏

Buchbesprechungen

Die Planeten

Die Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek — Reihe Physik — der B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft legte 1974 erneut eine Übersetzung aus dem Russischen vor, die insbesondere für den Amateurastronom geeignet ist. Das Büchlein gibt „eine Übersicht über gelöste und ungelöste Probleme im Rahmen der Physik der Planeten“. Der Band enthält sechs Hauptabschnitte:

Einführung (6 Seiten), Oberflächen der Planeten (20 Seiten), Atmosphären der Planeten (21 Seiten), Der innere Bau der Planeten (13 Seiten), Untersuchungsmethoden und Anwendungsbereiche (20 Seiten) und Tabellen der physikalischen Eigenschaften der großen Planeten und des Mondes (20 Seiten).

Der Verfasser hat es in ausgezeichnete Weise verstanden, die Ergebnisse der klassischen und der modernen Forschungsmethoden in Beziehung zu setzen, den Wert der terrestrischen Erforschung planetarer Körper gegenüber der Forschung mit Mitteln der Astronautik abzuwägen.

Besonderes Verdienst hat sich der Autor dadurch erworben, daß er die Methoden der astronomischen Forschung darstellt und dabei gerade die erdgebundenen hervorhebt. Und wir stimmen Prof. Martynow voll zu, wenn er vor dem großen Irrtum warnt, daß mit dem Flug interplanetarer Stationen „von nun an die Erforschung der Planeten von der Erde her ausgeht hat und allein kosmische Methoden weiterführen“ könnten. Das Ziel, das der Autor mit diesem Werk verfolgte, die „Aufmerksamkeit auf jene Probleme (zu) lenken, welche im wesentlichen noch mit den Mitteln der erdgebundenen Astronomie zu lösen“ sind, ist ohne Zweifel bei dem Leser erreicht, „der schon in großen Zügen eine Vorstellung vom gegenwärtigen Stand des Wissens über die Planeten hat“. Deshalb darf man diesen Band nicht nur Amateurastronomen und Arbeitsgemeinschaftsleitern empfehlen, er ist für jugendliche Interessenten (AG-Teilnehmer) eine der wesentlichsten z. Z. greifbaren Quellen zu theoretischer wie praktischer astronomischer Beschäftigung.

Der auf Seite 47, Mitte, genannte Jupitermond „Galilei“ ist als Übersetzungsfehler zu werten. Zweifellos hat der Autor im Original die vier galileischen Monde erwähnt. Und auf Seite 21, erste Zeile, wünschte man sich den der Medizin entlehnten Terminus „Agglutination“ als Ferklebung, Zusammenballung (von Zellen) in einer Fußnote erklärt, um jedem Leser verständlich zu machen, wozu es bei seiner Verwendung geht.

HEINZ ALBERT

D. Ja. Martynow: Die Planeten — gelöste und ungelöste Probleme. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1974. (Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek, Reihe Physik, Bd. 22), 104 Seiten, 21 Abbildungen. Preis 5,20 M.

Der Sternhimmel

Die zehntausend Exemplare der ersten Auflage waren schnell vergriffen; das spricht für das Buch.

Auf 58 Seiten wird erst einmal in äußerst anschaulicher Weise die Physik des Weltraums erläutert (Sternhimmel und Weltraum — Materie im Weltraum — viel Raum und wenig Substanz — unsere Nachbarschaft — Die Bewegung der Erde). Das „Ausgangspunkt“ bezieht sich sowohl auf den Text als auch auf die Abbildungen. Die Illustrationen von Karl-Heinz Barnekow verdeutlichen auf einen Blick die Form unseres Sternensystems, die Masseverteilung im Weltraum, die Größenverhältnisse, die Bahnen der Himmelskörper und anderes mehr. Fotos von Weltraumobjekten und Diagramme vervollständigen den Bildanteil.

Sehr ausführlich (vielleicht zu ausführlich) werden dann 19 der bekanntesten Sternbilder erklärt. Hinweise zur Himmelsbeobachtung mit Sternkarten und eine Exkursion in andere Länder mit ihren anders aussehenden Sternenhimmeln schließen das Büchlein ab.

Das Werk ist für jene gedacht, die noch gar keine Kenntnisse auf dem Gebiet der Astronomie haben, doch werden diese Astronomie-Anfänger erstaunlich weit geführt und dürfen nach dem Lesen mit etlichen astronomischen Termini ziemlich sicher umgehen können — und ihre Liebe zur Sternkunde entdeckt haben!

KLAUS BOEHMER

Dr. Klaus Lindner: Der Sternhimmel. „akzent“-Taschenbuchreihe, 2. Auflage 1975. 128 Seiten, zahlreiche Abbildungen, Broschur, 4,50 M, URANIA-Verlag Leipzig, Jena, Berlin.

Suche Cassegrainoptik, Ø 180–200 mm (eventuell mit Rohrmontierung) sowie Astro Objektiv 100–130 mm Ø (auch älterer Typ). Tausch mit Wertausgleich gegen 80/840-A möglich.

Hans-D. Greiner, 7981 Friedersdorf, Hauptstraße 88

EVP 1,50 M
PZV 31052