

1 1976 **Astronomie und Raumfahrt**



INHALT

Einige Aspekte moderner amateurastronomischer Arbeit · Dr. Siegfried Marx	1
Solar-Terrestrische Physik — I. Die Magnetosphäre · Dr. D. Möhlmann	7
Stand und Entwicklungsperspektiven der Nachrichtensatelliten · Dipl.-Ing. H. D. Naumann	15

Bildseiten

Beispielabbildungen zum Beitrag über Kontrastverstärkung — Aufnahmen Nova Cygni und Planetoid Ceres — Sonnenfleckenzeichnungen	I—IV
--	------

Kurzberichte

Nova Cygni · Dr. S. Marx	20
Beobachtung heller Meteore · Dr. S. Marx	21

Junge Amateure

Beobachtung der Nova im Schwan	21
Feuerkugel gesehen — Beobachtung eines hellen Meteors	22

Amateure beobachten und berichten

Ausschöpfen des Informationsinhaltes von Amateur-Astroaufnahmen durch Kontrastverstärkung Hans-Joachim Blasberg	22
Selbsterstellung von Modellen für Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen · Gerhard Ihlow	24
Bau eines Zenit- und Sonnenprismas · Bernd Zill	32

Aus der Literatur

Präzisierung des Koordinatensystems auf dem Mars — Gasnebelfotografie — Dritter Satellit der VR China	3. Umschlagseite
--	------------------

Buchbesprechung

Satellitenbilder	4. Umschlagseite
----------------------------	------------------

Redaktionschluß: 15. 11. 1975

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Pfaffe (stellv. Chefredakteur; Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf, (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 282 97 44.

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

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 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.

Einige Aspekte moderner amateurastronomischer Arbeit

Dr. SIEGFRIED MARX

Dem großen Interesse an der Astronomie entspricht die große Zahl der Amateurastronomen. Daß gerade an astronomischen Problemen ein so lebhaftes Interesse besteht, ist u. a. sicher darauf zurückzuführen, daß die Entwicklung der Astronomie als eine der ältesten Naturwissenschaften immer eng mit philosophischen und weltanschaulichen Problemen und Auseinandersetzungen gekoppelt war. Dies läßt sich für alle Entwicklungsphasen der Astronomie nachweisen, ganz besonders deutlich aber im Zusammenhang mit der Durchsetzung des heliozentrischen Weltbildes und ebenso mit progressiven Gedanken über die Struktur der Welt im Großen, für die z. B. Giordano Bruno von der Inquisition verbrannt wurde. Um solche Zusammenhänge zu verstehen, ist auch ein gutes astronomisches Grundwissen erforderlich.

Die erste Stufe amateurastronomischer Betätigung sollte deshalb im Erwerb und in der Festigung moderner astronomischer Erkenntnisse bestehen. Bereits in dieser Phase muß die Beschäftigung mit der Astronomie nicht nur in der Wissensaneignung z. B. durch das Studium populärwissenschaftlicher Literatur bestehen, sondern sollte schon verbunden sein mit eigenen Beobachtungen.

Bei vielen erweckt dies dann bald den Wunsch, im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten selbst Beiträge zur Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu leisten. Diese zweite Stufe amateurastronomischer Betätigung kann aber erst in Angriff genommen werden, wenn zuvor in der ersten Stufe ein gutes Grundwissen erworben wurde und dieses Wissen ständig durch Selbststudium, Erfahrungsaustausch und Teilnahme an Weiterbildungsveranstaltungen gefestigt und vervollkommen wird.

Oft wird der Einwand gebracht, daß mit den einfachen Mitteln der Amateurastronomie keinerlei wertvolle Beiträge geleistet werden könnten, da der astronomischen Forschung heute Instrumente sehr großer Öffnung, die mit komplizierten modernen Zusatzgeräten wie z. B. lichtelektrischen Foto- metern und Spektrographen ausgerüstet sind, zur Verfügung stehen.

Ich möchte dies durch zwei Beispiele zu widerlegen versuchen. Diese Beispiele sind zwar historisch, können aber wohl doch sehr gut zur Erläuterung meines Gedankens dienen. Einmal stellen wir uns die Aufgabe, den Winkeldurchmesser der Sonne zu bestimmen und nehmen als einziges Hilfsgerät eine Sanduhr. Man löst diese Aufgabe am einfachsten und mit der größten Genauigkeit am 21. 3. oder 23. 9. am Äquator, wo die Sonne zu diesem Zeitpunkt senkrecht aus dem Horizont aufsteigt. Bei nicht senkrechtem Aufstieg wird das Problem im Lösungsweg, aber nicht vom Prinzip her komplizierter. Man mißt zuerst die Sandmenge, die vom Erscheinen des oberen Sonnenrandes über dem Horizont bis zum nächsten Erscheinen des oberen Sonnenrandes über dem Horizont durch die Sanduhr läuft. Diese Sandmenge sei a , sie entspricht einem vollen Umlauf, d. h. dem vollen Kreis von 360° . Nun mißt man die Sandmenge, die durch die Uhr vom Erscheinen des oberen Sonnenrandes über dem Horizont läuft bis zu dem Moment, zu dem sich der untere Sonnenrand gerade über dem Horizont befindet. Diese Sandmenge nennen wir A , sie entspricht dem Winkel des Sonnendurchmessers d . Formelmäßig bedeutet das

$$\frac{A}{360^\circ} = \frac{a}{d^\circ} \quad \text{bzw.}$$

$$d^\circ = \frac{a}{A} 360^\circ.$$

Man kann also den Winkeldurchmesser der Sonne prinzipiell mit einer Sand- oder Eieruhr messen.

Das zweite Beispiel betrifft die Beobachtung der Erdrotation. Man läßt zu diesem Zweck einen Stein in einen tiefen Brunnen fallen. Da die Erde wie ein starrer Körper rotiert, ist die Geschwindigkeit eines Punktes an der Erdoberfläche größer als die eines zweiten Punktes im Erdinnern, also z. B. am Boden des Brunnens. Demzufolge ist bei rotierender Erde die Geschwindigkeit des Steines in Drehrichtung der Erde im Moment des Losfallens größer als die Geschwindigkeit der senkrecht unter dem Startpunkt, d. h. auf dem gleichen Radius liegenden Stelle des Brunnenbodens. Im Ergebnis wird der Stein also nicht senkrecht unter dem Startpunkt auftreffen, sondern eine Abweichung in Drehrichtung haben. Aus der Fallzeit, der Tiefe des Brunnens und der Größe der Abweichung ersieht man die Drehrichtung der Erde und kann die Drehgeschwindigkeit berechnen.

Beide Beispiele sollen verdeutlichen, daß auch mit ganz einfachen Mitteln wichtige Ergebnisse erzielt werden können, wenn man seine vorhandenen Möglichkeiten mit viel Geschick, Können und zielgerichtet einsetzt.

Wenn man moderne Aspekte astrophysikalischer Aufgaben für die Amateurastronomie betrachtet, dürfen sie sich bezüglich der Beobachtung nicht mit Objekten befassen, die wesentlich schwächer als die 14. Größenklasse sind. Das bedeutet, daß extragalaktische Probleme ausscheiden und deshalb hier nicht betrachtet werden sollen. In der galaktischen Astronomie ist die Sternentstehung und -entwicklung ein sehr bedeutsamer Problemkreis. Die Schwierigkeit in der Beobachtung von Entwicklungseffekten liegt im allgemeinen in der langen Zeitskala. Da aber nicht alle zur Zeit existierenden Sterne zum gleichen Zeitpunkt entstanden sind, zeigt das Weltall ein räumliches Nebeneinander vieler verschiedener Entwicklungsstufen. Aus dem räumlichen Nebeneinander der verschiedenen Entwicklungsstadien gilt es ein zeitliches Nacheinander zu machen.

Um einiges Grundsätzliche über die Probleme der Sternentwicklung zu sagen, möchte ich das Leben des künstlichen Sternhaufens M 007, wie es von Kippenhahn und Weigert berechnet wurde, erläutern. Dabei muß ich die Kenntnis und den Umgang mit dem Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD) als bekannt voraussetzen.

Ausgangspunkt für den Sternhaufen M 007 waren 190 diskrete Kondensationen (Protosterne) zwischen 0,5 und 23 Sonnenmassen. Zum Zeitpunkt Null lagen alle Objekte im HRD weit rechts der Hauptreihe nahezu bei gleicher effektiver Temperatur (s. Abb. 1). Die einzelnen Objekte unterscheiden sich entsprechend ihrer Masse in der Leuchtkraft, d. h. Objekte großer Masse haben eine hohe absolute Helligkeit, Objekte geringer Masse eine kleine absolute Helligkeit. Bereits nach 5000 Jahren (s. Abb. 2) sieht das HRD des Haufens M 007 ganz anders aus. Die massereichen Sterne haben sich erheblich auf die Hauptreihe zu entwickelt, um so weiter, je größer die Masse ist. Die massearmen Objekte liegen nahezu unverändert im HRD. Nach 3×10^4 Jahren sind schon sehr viele massereiche Sterne in den stabilen Hauptreihen Zustand gekommen (s. Abb. 3). Auch die massearmen Sterne haben nun ihre Position im HRD verändert. Nach 3×10^7 Jahren sind auch die massearmen Sterne fast auf der Hauptreihe angekommen (s. Abb. 4). Die massereichen Sterne sind aber schon so verschwenderisch mit ihrem Energievorrat umgegangen, daß sich in ihnen der Wasserstoffvorrat in den Zentrumsregionen erschöpft hat und das Heliumbrennen in den Zentralgebieten beginnt. Sie sind von der Hauptreihe abgewandert und befinden sich im Gebiet der Roten Riesen. Nach 10^8 Jahren ist die Hauptreihe nur noch bis zu 10 Sonnenleuchtkräften hinauf besetzt und alle, auch die masseärmsten Sterne sind jetzt auf der Hauptreihe (s. Abb. 5). Nach $4,2 \times 10^9$ Jahren ist die Hauptreihe nur noch bis zu Sternen mit Sonnenmasse besetzt, alle massereicheren, d. h. leuchtkräftigeren sind bereits von der Hauptreihe abgewandert (s. Abb. 6).

Aus diesen Modellrechnungen können wir folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Ein Stern entwickelt sich um so schneller, je größer seine Masse ist.
- Aus der Besetzung der Hauptreihe im HRD kann man das Alter eines Sternhaufens bestimmen. Je leuchtvärmer, d. h. je masseärmer die Sterne sind, die das obere Ende der Hauptreihe bilden, um so älter ist der Sternhaufen (s. Abb. 7).

Was kann nun der Amateurastronom auf dem Gebiet der Sternentwicklung beobachterisch tun? Es ist durchaus möglich, daß ein bekannter heller Sternhaufen beobachtet und von diesem das HRD ermittelt wird. Die scheinbare Helligkeit der Mitglieder des Sternhaufens zu bestimmen, ist kein großes Problem. Da bei einem Sternhaufen alle Objekte gleich weit entfernt sind, ist die scheinbare Helligkeit unmittelbar ein Maß für die absolute Helligkeit und kann für das Zeichnen des HRD verwendet werden an Stelle der Leuchtkraft bzw. der absoluten Helligkeit. Ein Äquivalent für die effektive Temperatur ist die Farbe, die wiederum in der Astronomie durch den Farbenindex (B-V) gegeben ist. Für die scheinbare Helligkeit nimmt man die V-Helligkeit. Um die Beobachtungen im B- und V-Bereich zu realisieren, benötigt man für die fotografische Beobachtung Filtergläser. Wenn man nun das HRD des Haufens zeichnet, kann man den Abknickpunkt der Hauptreihe und damit das Alter des Haufens bestimmen.

In der Tabelle 1 findet man Altersangaben einiger Haufen mit weiteren wichtigen Informationen in diesem Zusammenhang.

Nun gehört diese Aufgabe noch zur ersten Stufe amateurastronomischer Tätigkeit, denn im Zusammenhang mit den langsamen Entwicklungsphasen wird es kaum möglich sein, neue Erkenntnisse oder wichtiges Beobachtungsmaterial mit amateurastronomischen Mitteln zu gewinnen. Es gibt aber einige schnelle Entwicklungsphasen, die für den einzelnen Stern nicht vorhersehbar sind, über die aber möglichst lückenlose Beobachtungsdaten nach dem Eintritt einer solchen Phase vorhanden sein sollten. Zu diesen Entwicklungsphasen gehören vor allem die Novae. Dies sind explosive Vorgänge in einem Stern, während derer die äußeren Hüllen des Sterns an den interessantesten Raum abgegeben werden. Nach der Lichtkurve unterscheidet man 3 verschiedene Grundtypen:

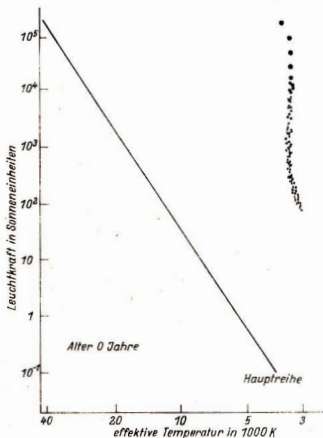


Abb. 1

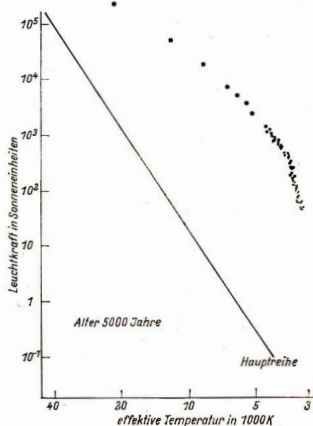
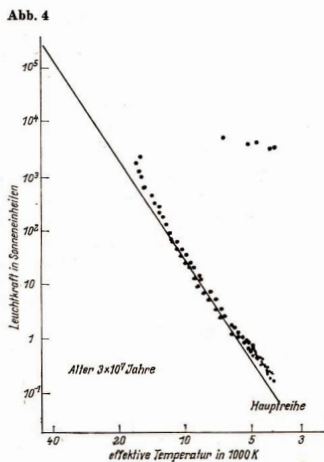
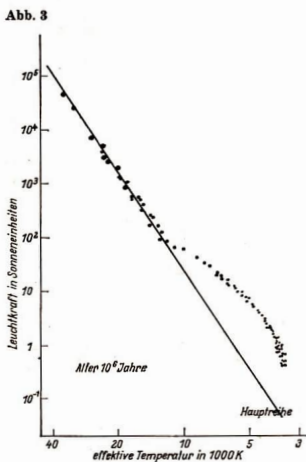


Abb. 2

— Nova mit rasch sich entwickelnden Charakteristika bei schneller Zunahme der Helligkeit. Der Abstieg von der Maximumshelligkeit um 3 Größenklassen erfolgt in 100 Tagen oder in kürzerer Zeit.



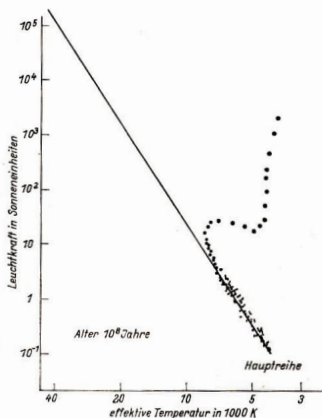


Abb. 5

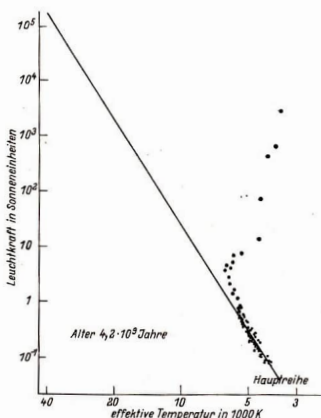


Abb. 6

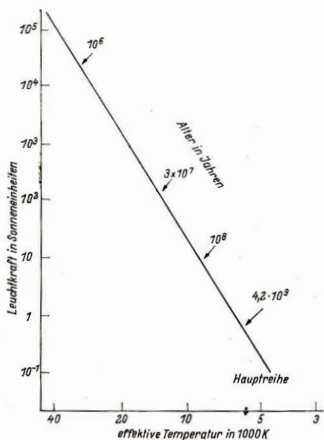


Abb. 7

- Nova mit langsamer Entwicklung. Abnahme der Helligkeit um 3 Größenklassen in 150 oder mehr Tagen. Auftreten von einem starken Abfall und nachherigem Wiederanstieg der Helligkeit in der Lichtkurve.
- Nova mit sehr langsamer Entwicklung. Verweilen im Maximum von mehreren Jahren und folgendes sehr langsames Schwächerwerden der Helligkeit.

Um über diese interessante Phase der Sternentwicklung hinreichend Wissen zu erlangen, sind lückenlose Beobachtungsreihen der Objekte notwendig, um z. B. auch über kleine Subausbrüche in der Abstiegsphase unterrichtet zu sein und diese wiederum mit den spektroskopischen Beobachtungen vergleichen zu können. Die Witterungsbedingungen ermöglichen aber keinesfalls eine kontinuierliche Beobachtung an einer Sternwarte oder mit einem großem Instrument. Hier ist eine Überwachung an vielen Stationen sinnvoll, um wetterunabhängige Beobachtungsreihen zu erhalten. Die Amateurastronomie kann hier wichtiges Beobachtungsmaterial für die Forschung bereitstellen.

Nun hört man oft das Argument, daß die Beschäftigung mit den Novae nicht lohnend sei, da zu selten Objekte auftreten, die in den dem Amateurastronomen zugänglichen Bereich der

Helligkeit kommen. Tabelle 2 widerlegt das. Allein in den ersten neun Monaten des Jahres 1975 gab es 8 Novae, die heller als 13. Größenklasse und damit ohne Schwierigkeiten im Bereich der amateurastronomischen Beobachtung waren. Wem war z. B. bekannt, daß am 31. August 1975, als alle Interessierten die Nova Cygni 1975 beobachteten, eine weitere Nova sichtbar war mit 11^m3? Für die

Beobachtung und die Bearbeitung der Novae erwächst meiner Meinung nach ein anderes Problem, nämlich das der kurzfristigen Information. Durch gute Zusammenarbeit von Berufsastronomen und Amateuren und einem funktionsfähigen System für die Information unter den Amateuren wäre dieses Problem aber ohne weiteres zu lösen.

Die Beschäftigung mit dem Novaproblem könnten Gruppen von Amateurastronomen übernehmen. Langjährige Beobachtungsreihen, die sowohl Helligkeitsmessungen als auch spektroskopische Daten enthalten können, versetzen die Gruppen in die Lage, Vergleiche zwischen den verschiedenen Objekten anzustellen und jetzt nicht nur die Einzelbeobachtung oder das Einzelobjekt zu sehen, sondern Zusammenhänge zu erkennen. Derart langjährige, möglichst lückenlose Reihen sind aber auch von wissenschaftlichem Wert.

Aus der Beobachtung der Lichtkurve einer Nova kann der Amateurastronom auch die absolute Helligkeit der Nova berechnen. Diese Zustandsgröße steht mit der Schnelligkeit des Abstiegs von der Maximumhelligkeit in Zusammenhang. Aus einer umfangreichen Bearbeitung von Beobachtungsmaterial gibt Schmidt-Kaler den Zusammenhang

$$M = -11,8 + 2,5 \cdot \log t_3$$

M ist die absolute Helligkeit. t_3 ist die Zeit, in der die fotografische Helligkeit der Nova nach der Maximumhelligkeit um 3 Größenklassen abnimmt. Diese Zeit muß in obiger Formel in Tagen eingesetzt werden, dann ergibt sich die Helligkeit in Größenklassen. Wenn die absolute Helligkeit der Nova bekannt ist, kann man die Entfernung des „Neuen Sternes“ über den Entfernungsmodul abschätzen. Dazu muß man eine Voraussetzung über die interstellare Extinktion im Gebiet der Nova machen.

Neben den Novae bieten sich auch die unregelmäßigen Veränderlichen, die ebenfalls unvorhergesehene Helligkeitsveränderungen durch Entwicklungseffekte zeigen, für die amateurastronomische Beobachtung an. Ein klassisches Beispiel dafür ist der Stern V 1037 Cygni. Dieser Stern zeigte Ende 1969 einen Helligkeitsausbruch um 6 Größenklassen und ist seitdem bei einer scheinbaren Helligkeit von 10,5 Größenklassen zu beobachten. Wie wird die Entwicklung dieses Sternes weiter verlaufen? Zu diesem Stern schreibt Dr. Wenzel in der Zeitschrift „Jenaer Rundschau“ 1972, Heft 7, Seite 320: „Die Fragen, die wir Astrophysiker uns angesichts eines solchen Objektes stellen, sind etwa folgende:

Tabelle 1

Alter von Sternhaufen

Sternhaufen	Spektrum des leuchtkräftigsten Sternes	effektive Temperatur*	(B-V) des leuchtkräftigsten Sternes	Alter des Stern- haufens in 10 ⁴ Jahren
h Persei	B 0	33000 K	-0,31	4,4
NGC 457	B 2	28000 K	-0,25	15
Plejaden	B 6	20000 K	-0,14	80
M 41	B 8	15000 K	-0,06	170
M 11	B 9	12500 K	-0,03	200
Ursa-Major-Strom	A 0	10000 K	0,00	300
Praesepe	A 0	10000 K	0,00	300
Hyaden	A 3	9000 K	0,10	870
M 67	F 5	6500 K	0,45	4600

* Die Angaben der effektiven Temperatur können mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet sein.

Tabelle 2

Novae des ersten Halbjahres 1975 mit scheinbaren Helligkeiten über 13 Größenklassen

Datum	Nova	scheinbare Helligkeit
1975 Jan. 1	RS Oph	10,3
Jan. 23	GK Per	11,3
Febr. 8	Nova Per 1974	12,0
Mai 15	Nova Scuti	7,3
Juli 14	Nova Aquilae	13,0
Juli 13	Nova Sagittarii	10,5
August 31	Nova Monocerotis	11,3
August 31	Nova Cygni	2,0

Handelt es sich um seltene, sozusagen pathologische, nur unter physikalischen Ausnahmebedingungen vorkommende Fälle? Oder durchlaufen fast alle Fixsterne ähnlicher Masse diese Phase? Welche Objekte am Himmel sind es, die solche Ausbrüche vor kosmisch kurzer Zeit, aber unbeobachtet von uns, erlitten haben? Welche physikalischen Prozesse spielen sich im einzelnen ab? Es ist klar, daß die Beantwortung dieser Fragen nicht a priori gegeben werden kann, sondern nur durch die Hinzuziehung weiteren Beobachtungsmaterials."

An anderer Stelle („Jenaer Rundschau“ 1968, Heft 6, Seite 331) sagt Dr. Wenzel im Zusammenhang mit der Beobachtung besonderer Veränderlicher:

„Viel geringere Öffnungen (Größenordnung 10 cm) sind möglich für eine routinemäßige Überwachung des eben betrachteten Veränderlichen auf fotografischem Wege. Dies wäre oft erforderlich, damit für die Verfolgung an größeren Instrumenten die nötige Vorauswahl getroffen werden kann.“

Hier wird von einem bekannten Astronomen geradezu orientiert auf Überwachungsaufgaben von besonderen Veränderlichkeitstypen mit Instrumenten, die vielen Amateurastronomen zugänglich sind.

Eine weitere Gruppe von Sternen, deren Studium eine regelmäßige Überwachung verlangt, sind die Flare-Sterne oder UV-Ceti-Sterne. Kennzeichnend für diese Sterne sind starke Erhellungen, die oft in Minuten ablaufen und extrem steile Anstiege in der Helligkeit um 2 bis 6 Größenklassen zeigen. Der Abstieg zur Normalhelligkeit kann auch bis zu 2 Stunden dauern und muß keinen kontinuierlichen Verlauf nehmen, sondern kann noch einige Wellen haben. Auch hier wäre es wieder notwendig, daß interessierte Amateurastronomen Informationen über flare-Stern-verdächtige Gebiete des Himmels bekommen müssen, die sie in ihre Überwachungsarbeit einbeziehen sollten. Es sei auch in diesem Zusammenhang auf eine Literaturstelle aufmerksam gemacht. Im Buch „Veränderliche Sterne“ von Prof. Dr. C. Hoffmeister heißt es auf Seite 53: „Es sei noch darauf hingewiesen, daß mehrere UV-Ceti-Sterne mit kleinen Fernrohren beobachtet werden können: UV Cet 7^m bis 13^m; AD Leo 9^m bis 9^m5; EV Lac 9^m5 bis 11^m5.“

Im Hertzsprung-Russell-Diagramm kann die effektive Temperatur durch den Farbenindex, aber auch durch den Spektraltyp ersetzt werden. Das Spektrum gibt aber nicht nur über den allgemeinen physikalischen Zustand des Sternes eine Auskunft, sondern ist auch besonders wichtig für besondere Entwicklungsphasen, da sich „pathologische“ Erscheinungen oft am besten im Spektrum des Sternes widerspiegeln. Über diese Fragen möchte ich hier nur einige kurze Bemerkungen machen, da in nächster Zeit in „Astronomie und Raumfahrt“ ein ausführlicher Beitrag über spektroskopische Arbeitsmöglichkeiten der Amateurastronomie erscheinen wird.

Eine sehr lohnenswerte Aufgabe für eine größere Gruppe von Amateurastronomen ist es, sich einen spektroskopischen Atlas herzustellen. In diesem Atlas sollten Spektren von typischen Vertretern verschiedener Spektraltypen und Leuchtkraftklassen aufgenommen werden. Damit hat der Amateurastronom dann ein Vergleichsmaterial in der Hand, das er für die Beobachtung anderer Sterne, vor allem besonderer Sterne benutzen kann.

Es ist aber nicht nur das Spektrum der Sterne wichtig, sondern auch das „Spektrum des Beobachtungsortes“, d. h. wie sieht das Spektrum des Nachthimmels des Beobachtungsortes aus? Das Nachthimmelslicht wird zu 20 bis 40 % von der Gesamtheit der außerirdischen Strahlungsquellen erzeugt. Es gibt aber auch ein Eigenleuchten der Erdatmosphäre. Am Tage ionisiert und dissoziiert die UV-Strahlung der Sonne Atome und Moleküle der Erdatmosphäre, in der Nacht kommt es dann zu Rekombinationen und damit zu einem Emissionsleuchten der Erdatmosphäre. Dieses Emissionsleuchten entsteht in Höhen zwischen 70 und 1000 km. Da das Nachthimmelslicht eine Folge der Sonneneinstrahlung ist, werden sich im Nachthimmelsspektrum Aktivitäten der Sonne widerspiegeln. Eine interessante Aufgabe für den Amateurastronomen wäre es also, diesen Zusammenhang zwischen dem Nachthimmelsspektrum und Aktivitätserscheinungen der Sonne zu untersuchen. Nun wird man aber im Nachthimmelsspektrum auch beobachtungsortbezogene Erscheinungen finden. Ein typisches Beispiel ist, daß man im Nachthimmelsspektrum in der Nähe großer Städte oft eine Emissionslinie des Quecksilbers findet, die dem Spektrum künstlich aufgeprägt wird. Sie rührt von den Quecksilberdampflampen in den Städten her. Eine Untersuchung dieser beobachtungsortgebundenen Erscheinungen ist unbedingt notwendig, um entscheiden zu können, welche Emissionen im Nachthimmelsspektrum tatsächlich aus der hohen Atmosphäre stammen und z. B. auf Aktivitätserscheinungen der Sonne zurückzuführen sind.

Neben den hier erwähnten Aspekten der amateurastronomischen Betätigung gibt es noch zahlreiche andere, vor allem bei der Beobachtung von Körpern des Planetensystems. Auf diese Probleme soll zu einem späteren Zeitpunkt eingegangen werden.

Grundanliegen dieses Beitrags ist es auch, eine Diskussion über moderne amateurastronomische Betätigung anzuregen. Die Redaktion ist daher allen Lesern dankbar, die ihre Gedanken zu diesen Problemen einsenden, um ein „modernes Arbeitsprogramm“ für die Amateurastronomie zusammenstellen zu können, das sowohl die Bedingungen als auch die fachlichen Ziele berücksichtigt.

Solar-Terrestrische Physik

I. Die Magnetosphäre

Dr. D. MÖHLMANN

In zwei getrennten und in sich abgeschlossenen Teilen wird, beginnend mit dieser Arbeit eine allgemeinverständliche Darstellung der Ergebnisse und Probleme der Solar-Terrestrischen Physik gegeben. Dies ist ein Beitrag der Öffentlichkeitsarbeit der Astronautischen Gesellschaft der DDR.

In den Jahren von 1976 bis 1978 wird als internationales Programm zur Erforschung der Magnetosphäre das sogenannte IMS (International Magnetospheric Study) durchgeführt. Hauptgegenstand dieses internationalen kooperativen Unternehmens ist eine quantitative Erfassung und Beschreibung der zum Teil erst qualitativ bekannten dynamischen Prozesse im Plasma der Magnetosphäre. Es ist geplant, im Rahmen des IMS komplexe Experimente unter Einbeziehung von Satelliten-, Raketen-, Ballon-, Flugzeug- und bodengebundenen Messungen durchzuführen. Die folgende Überblicksarbeit zur Magnetosphärenphysik ist eine vorbereitende fachliche Einführung in die Probleme, die von der Magnetosphärenphysik bearbeitet wurden und werden.

1. Einleitung

Die Solar-Terrestrische Physik ist eine relativ junge Disziplin der physikalischen Wissenschaften. Ihre Aufgabe ist die Untersuchung, Beschreibung und theoretische Durchdringung der physikalischen Prozesse und Zustände, die ihre Energie und Materie aus der Sonne beziehen, und die wir in der Sonne, dem interplanetaren Raum, dem erdnahen Raum, in der Erdatmosphäre und selbst innerhalb des Erdkörpers beobachten können.

Dieser Vielfalt und den sehr verschiedenartigen Bedingungen entsprechend, muß die Solar-Terrestrische Physik das Wissen und die Methoden sehr unterschiedlicher physikalischer Disziplinen zur Beantwortung ihrer Fragestellungen heranziehen. Diese Komplexität ist übrigens ein Charakteristikum der gegenwärtigen Etappe der allgemeinen Wissenschaftsentwicklung. Sie setzt natürlich das Vorhandensein von ausgearbeiteten physikalischen Einzeldisziplinen voraus. Diese wurden, soweit sie für die Solar-Terrestrische Physik von Belang sind, zumeist in den letzten zwei Jahrhunderten geschaffen.

Erst in diesem Jahrhundert wurden die für die Beschreibung kosmischer Plasmen so wichtigen Disziplinen Plasmaphysik und Magnetohydrodynamik, die selbst bereits komplexen Charakter tragen, entwickelt.

2. Allgemeine Einführung

Bis in die fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts wurde allgemein angenommen, daß das Magnetfeld der Erde sich ungehindert dipolartig in den interplanetaren Raum ausdehnt. Dank der sich entwickelnden Raumflugtechnik, und der damit gegebenen Möglichkeit, direkte Messungen im erdnahen Raum vorzunehmen, entstand Anfang der sechziger Jahre das in Abb. 1 schematisch wiedergegebene Bild von der Magnetosphäre als dem Gebiet, das von einem mit der Erde verbundenen Magnetfeld durchsetzt ist, und das vornehmlich Elektronen und Ionen enthält [Wagner, 1974].

Die Konfiguration der Magnetosphäre ist eine Folge der Umströmung des magnetischen Dipolfeldes der Erde durch einen ständig von der Sonne kommenden supraleitenden Überschall-Plasmastrom*, den sogenannten Sonnenwind [Parker, 1958]. Auf diesen Sonnenwind und seine Wechselwirkung mit der Magnetosphäre wird in einem anderen Teil dieser Überblicksarbeit eingegangen.

Die Teilchen dieses Sonnenwindes „spüren“ das zu umströmende Hindernis in einer Entfernung von 14 bis 15 Erdradien (während ungestörter Bedingungen) vor der Erde ($1 R_E = 6370$ km). Hier befindet sich die sogenannte „Stoßfront“ (sie ist in Abb. 1 nicht eingezeichnet), die eine Dicke von ungefähr 100 km hat. Physikalisch gesprochen spielen sich in ihr dissipative Phänomene ab, wachsen in ihr Wellenamplituden nichtlinear an, treten stochastische Teilchenbeschleunigungen und Zweistrom-Instabilitäten auf.

Hinter dieser Stoßfront umströmt das Plasma die Magnetosphäre mit Unterschall-Geschwindigkeit. Physikalisch ist diese Übergangsregion durch Plasmaturbulenzen und Nicht-Gleichgewichts-Phäno-

* Hierbei bezieht man sich auf die Alfvén-Geschwindigkeit, mit der sich magnetohydrodynamische Wellen im Sonnenwind ausbreiten. Sie liegt im Sonnenwind zwischen (50–80) km/s. Die Sonnenwindgeschwindigkeit beträgt während ungestörter Verhältnisse ungefähr 400 km/s.

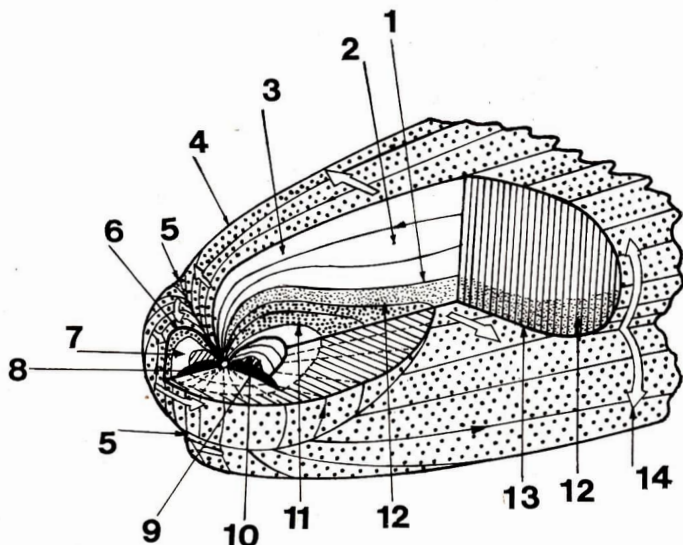


Abb. 1: Schema der magnetosphärischen Feld- und Teilchenverteilungen:

(1, 12) Plasmaschicht, (2, 3) offene Feldlinien, (4) Magnetopause, (5) Kluft, (6) mittägliche Südgrenze des Aurora-Ovals, (7) Trog, (8) Strahlungsgürtel, (9) Plasmapause, (10) Plasmasphäre, (11) mitternächtliche Südgrenze des Aurora-Ovals, (13) Neutralschicht, (14) Magnetopausenströme (nach Wagner, 1974).

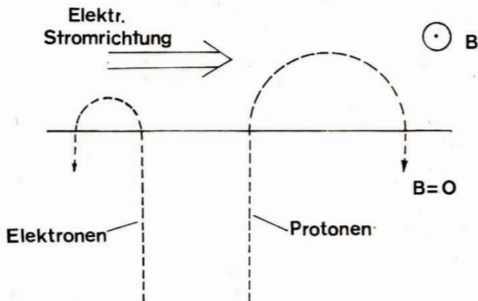
mene zu charakterisieren. In diesem Übergangsgebiet zwischen Stoßfront und Magnetopause erfolgt die Übertragung des kinetischen Druckes (Strömungsdruck) des Sonnenwindes auf das deformierte Magnetfeld. Die Form der Stoßfront ist dabei abhängig von der Krümmung der umströmten Magnetopause. Da diese aber wieder von dem durch die Stoßfront beeinflussten kinetischen Druck abhängt, liegt hier insgesamt ein gekoppeltes Problem vor, das bis heute noch nicht abschließend gelöst ist. Der Abstand zwischen Magnetopause und Stoßfront wird dadurch bestimmt, daß das gesamte durch die Stoßfront fließende Plasma — nun verlangsamt — die Magnetopause umströmen kann. Lighthill hat diese Problematik zuerst intensiv untersucht [Hayes, Probst, 1959].

Der kinetische Druck an der Magnetopause preßt das Magnetfeld zusammen, während auf der Nachtseite das Magnetfeld weit mitgezogen wird, so daß ein magnetischer Schweif entsteht. Die Grenze zwischen den Feldlinien, die zur Tagessseite führen, und denen, die den Schweif bilden, ist eine tiefe „Kluft“, durch die Teilchen aus dem Übergangsgebiet direkt in die Magnetosphäre und besonders in den Schweif und auch in die Atmosphäre eindringen können. In der englischsprachigen Literatur wird diese Kluft als cleft oder dayside-cusp bezeichnet.

Die Entfernung von der Erde zur Magnetopause beträgt auf der Tagessseite während ungestörter Bedingungen ungefähr $10 R_E$. Auf der Nachtseite dehnt sich der Schweif weit in den interplanetaren Raum hinaus aus, vermutlich bis zu Entfernungen der Größenordnung von $1000 R_E$ und mit einem Durchmesser zwischen $(50 - 70) R_E$. Demgemäß befindet sich der Erdmond mit einer mittleren Entfernung von $60 R_E$ zeitweise in der schützenden Magnetosphäre, aber auch direkt im Sonnenwind. Diese Schutzschild-Wirkung der Magnetosphäre ist übrigens durchaus wichtig auch für die biologischen Vorgänge auf der Erde, da sie die manchmal tödlichen Dosen solarer Protonenflüsse abschirmt. Die hauptsächlich aus der Umströmung resultierende Magnetfeldkonfiguration (Abb. 1) in der Magnetosphäre bedingt nun direkt eine relativ komplizierte Verteilung von Teilchen in der Magnetosphäre. Dabei kann man grob drei verschiedene Teilchengruppen unterscheiden. Das „kalte“ Plasma aus

Abb. 2:

Schematische Darstellung der Entstehung von Strömen in magnetischen Grenzschichten.



Protonen, schweren Ionen und Elektronen, das vornehmlich ionosphärischen Ursprungs ist, dominiert in der Plasmasphäre. Die mittlere Teilchendichte liegt bei 10^8 Teilchen pro m^3 . Die Energie dieser Teilchen hat ihr Maximum im eV-Bereich ($1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Nm}^*$).

Eine zweite Ansammlung von Teilchen befindet sich in der sogenannten Plasmaschicht des magnetischen Schweifs (Abb. 1). Man spricht in diesem Falle von einem „warmen“ Plasma, da die Energie der Teilchen bei einigen keV ($1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$) liegt. Die Teilchendichte beträgt ungefähr $(10^5 - 10^6) m^{-3}$ und das Plasma setzt sich hauptsächlich zusammen aus Protonen und Elektronen und nur noch geringen Spuren von α -Teilchen und schweren Kernen. Zwischen der Plasmopause und der Plasmaschicht befindet sich ein Gebiet mit sehr geringer Dichte thermischen Plasmas. Es wird als Trog bezeichnet. Die dritte Gruppe bilden die „heißen“ energiereichen Teilchen des Strahlungsgürtels. Die Elektronen dieser Teilchengruppe haben Energien von ungefähr 100 keV zu einigen MeV ($= 10^6 \text{ eV}$). Sie haben Häufigkeitsmaxima in zwei Zonen um $1,5 R_e$ und $(4-5) R_e$. Die Strahlungsgürtelprotonen mit Energien bis zu 100 MeV dominieren im inneren Elektronen-Gürtel, während in der äußeren Zone Protonen mit einigen 10 keV dominieren. Diese Strahlungsgürtel liegen in dem Gebiet zwischen 700 km oberhalb der Erdoberfläche und $(6-8) R_e$ Entfernung.

Neben den erwähnten großräumigen Magnetfeldern und den verschiedenen Teilchenverteilungen charakterisieren noch elektrische Felder und auch Wellenphänomene den physikalischen Zustand der Magnetosphäre. Die großräumigen elektrischen Felder, deren Verteilung übrigens weitaus weniger bekannt ist als die der Magnetfelder, beeinflussen vor allem die Dynamik des niederenergetischen (thermischen) Plasmas der Magnetosphäre. Die sich als Folge des Vorhandenseins dieses thermischen Plasmas in der Magnetosphäre ausbreitenden Wellen sind teilweise sehr unterschiedlicher physikalischer Natur. Sie können wesentlich die Bewegungen des höherenergetischen Plasmas beeinflussen. Eine besondere Gruppe dieser Wellen führt zu den am Erdboden mit Magnetometern meßbaren magnetischen Pulsationen.

Damit sind die wichtigsten morphologischen Begriffe und Definitionen zusammengetragen. In den folgenden Abschnitten wird auf einzelne magnetosphärische Strukturen und Prozesse ausführlicher eingegangen.

3. Die Magnetfeld-Konfiguration

Wir wissen aus der Elektrodynamik, daß Magnetfelder durch elektrische Ströme erzeugt werden. Die Frage nach der Magnetfeldkonfiguration führt also auf die nach den sie erzeugenden Stromsystemen. Das Magnetfeld in der Magnetosphäre wird im wesentlichen durch sechs verschiedene elektrische Stromsysteme erzeugt. Es sind dies:

1. Ströme, die in der Magnetopause fließen und die durch längs dieser Grenze driftende und reflektierende Teilchen erzeugt werden. Derartige Ströme werden auch als Chapman-Ferraro-Ströme bezeichnet, da sie zuerst von diesen Autoren untersucht wurden [Chapman, Ferraro, 1931, 1940]. Ihre anschauliche Erklärung ist relativ einfach und wird schematisch in Abb. 2 wiedergegeben. Da Elektronen und Protonen wegen ihrer verschiedenen elektrischen Ladung im Magnetfeld entgegengesetzt

* 1 eV ist die Energie, die ein einfach elektrisch geladenes Teilchen beim Durchlaufen einer Spannungsdifferenz von 1 Volt erhält. Ihr entspricht eine Temperatur von etwa 10000 K.

gyrieren (drehen), ergibt sich bei dem ständigen Aufprall eines Plasmastroms auf eine Magnetfeld-diskontinuität wie in Abb. 2 ein mittlerer Protonenstrom nach rechts und ein mittlerer Elektronenstrom nach links. Dem entspricht ein elektrischer Strom in der entstehenden Grenzschicht von links nach rechts. Die entsprechend in der Magnetopause fließenden Ströme sind analog verständlich (Abb. 1).

2. Ströme, die in der magnetischen Neutralschicht des Schweifs fließen, und die mit dazu führen, daß der Schweif aus zwei Gebieten mit unterschiedlicher Magnetfeldrichtung (zur Erde hin bzw. von ihr weg) besteht [Williams, Mead, 1965]. Zwischen diesen beiden Gebieten befindet sich gerade die magnetische Neutralschicht. Diese Neutralschichtströme werden durch Ströme in der Magnetopause geschlossen [Choe, Beard, 1973]. Die Richtungen der Neutralschicht- und Magnetopausenströme sind in Abb. 1 durch offene Pfeile angedeutet.

3. Der Ringstrom, der aus im Magnetfeld eingefangenen relativ niederenergetischen Protonen besteht, und von Ost nach West in und in der Nähe der magnetosphärischen Äquatorebene um die Erde fließt. Der Ringstrom hat während ungestörter Perioden sein Maximum bei ungefähr $3 R_E$ [Sugiura, 1972]. Er dehnt sich aber bis zu $10 R_E$ und damit bis an die Neutralschicht des Schweifes aus. Der Hauptanteil des inneren Ringstromes wird von Protonen mit Energien von 100 eV bis zu einigen 100 keV geliefert [Smith, Hoffmann, 1972]. Der Anteil des Ringstroms dagegen, der bis an den Schweif fließt, wird von Protonen mit Energien um 50 keV gebildet [Frank, 1970].

4. Ionosphärische Stromsysteme, die durch sehr verschiedene Mechanismen erzeugt werden können. Sie sind in Abb. 1 nicht angedeutet und ihre Magnetfelder haben zumeist einen sehr geringen Einfluß auf die Struktur der Magnetosphäre. Sie sind jedoch am Erdboden leicht nachweisbar. In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß die Tatsache, daß in der Ionosphäre elektrische Ausgleichsströme senkrecht zu den magnetischen Feldlinien fließen können, von großer Bedeutung für die gesamte Struktur der Magnetosphäre ist. Anderenfalls würden in der Tat eine Vielzahl magnetosphärischer Entladungsprozesse prinzipiell anders ablaufen müssen.

5. Die feldgerichteten Ströme sind elektrische Ströme, die längs der magnetischen Feldlinien fließen. Sie sind demgemäß eines der wichtigsten Kopplungsglieder zwischen Ionosphäre und Magnetosphäre und bestimmen zeitweise den Energiehaushalt der oberen — und insbesondere der auroralen — Atmosphäre wesentlich mit. Besonders markant sind diese Ströme beispielsweise während geomagnetischer Stürme.

6. Die im Erdkern fließenden Ströme, die das magnetische Hauptfeld der Erde erzeugen. Die Elektrodynamik mittlerer Felder [Krause, Rädler, 1971] gestattet es, die Arbeitsweise von „Gleichfeld-dynamos“ zu beschreiben, die zu planetaren Magnetfeldern und insbesondere zu dem der Erde führen. Bemerkenswert an der sich als Folge der gesamten Ströme einstellenden Magnetfeldkonfiguration (Abb. 1) ist, daß zwei Gebiete zu unterscheiden sind, nämlich das der geschlossenen Feldlinien (die also dipolartig von einer Hemisphäre zur anderen führen) und das der offenen Feldlinien, das vermutlich zum Teil direkt mit dem interplanetaren Magnetfeld verbunden ist, und über dessen Verlauf in den entfernten Teilen des Schweifes bisher nur wenig bekannt ist. Das Gebiet der geschlossenen Feldlinien ist als Folge des Sonnenwind-Druckes deformiert, und zwar ist es auf der Tageseite komprimiert und auf der Nachtseite entsprechend ausgedehnt. Zusätzlich wird es noch durch den Ringstrom „aufgeblasen“. Die gesamte Form der Magnetosphäre und insbesondere das Gebiet der „offenen“ Feldlinien ist zu verstehen als Folge der Magnetopausen- und Neutralschichtströme. Die Einstellung dieser Strom- und Magnetfeldstruktur erfolgt in einer selbstkonsistenten Weise. Das bedeutet, daß das Magnetfeld die Ströme beeinflusst, diese wieder das Magnetfeld usw. Dieser Prozeß kann inzwischen physikalisch-mathematisch zufriedenstellend beschrieben und berechnet werden [Choe, Beard, 1973], und das Ergebnis, die (mittlere) stationäre Magnetfeld- und Stromstruktur, ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Ein typischer Wert der magnetischen Induktion an der Magnetopause ist $4 \cdot 10^{-2}$ Vs/m².*

4. Teilchenbewegungen

Die Bewegung elektrisch geladener Teilchen in schwach inhomogenen Magnetfeldern läßt sich in verschiedenen Zeitskalen beschreiben [Roederer, 1970]. Der schnellste Prozeß ist die bereits erwähnte Gyrationbewegung um die Magnetfeldlinien. Sie erfolgt mit der Gyration- oder Zyklotronfrequenz, deren typische magnetosphärische Werte zwischen kHz und MHz liegen. Ist der zugehörige Bahnradius (Gyrationradius) sehr viel kleiner als der Krümmungsradius der Magnetfeldlinien, so spricht man von einem schwach inhomogenen Magnetfeld. Es kann gezeigt werden, daß die Teilchen in schwach inhomogenen Magnetfeldern sich längs der Feldlinien stets aus Gebieten größerer Magnet-

* Dem Magnetfeld an der Erdoberfläche entspricht ein Wert von ungefähr $5 \cdot 10^{-5}$ Vs/m². Das Magnetopausenfeld ist also etwa 1000mal schwächer als das an der Erdoberfläche.

feldstärke herausbewegen. Darauf beruht übrigens die Möglichkeit, Teilchen in „magnetischen Flaschen“ einzuschließen. Bedenkt man nun, daß die magnetische Feldstärke (Feldliniendichte) in Polnähe zunimmt, so wird verständlich, daß elektrisch geladene Teilchen längs geschlossener dipolartiger Feldlinien eine Pendelbewegung (zwischen zwei „Spiegelpunkten“ in Polnähe) ausführen können. Diese periodische Bewegung wird als Bounce-Bewegung bezeichnet. Die Abb. 3 zeigt die Gyrationen- und Bounce-Bewegung schematisch. Offenbar ist die Bounce-Frequenz deutlich geringer als die Gyrationenfrequenz. Typische magnetosphärische Werte — sie sind natürlich abhängig von der jeweiligen Teilchenenergie — liegen bei einigen Sekunden [O'Brien, 1964a]. Als Folge der Rotations-symmetrie der dipolartigen Struktur des inneren magnetosphärischen Magnetfeldes existiert noch eine dritte periodische Bewegungsform der elektrisch geladenen Teilchen in diesem Gebiet. Ihre charakteristische Bewegungsdauer liegt bei einigen Stunden [O'Brien, 1964a]. Es ist dies die sogenannte Drift der eingefangenen Teilchen um die Erde. Die Zusammensetzung dieser drei Bewegungsformen führt dann insgesamt zu dem folgenden Bild. Ein elektrisch geladenes Teilchen gyriert um die Feldlinien sehr schnell und führt dabei längs dieser Feldlinien eine ebenfalls periodische aber wesentlich langsamere Bounce-Bewegung aus. Dabei driftet es (während vieler Bounce-Perioden) langsam von Feldlinie zu Feldlinie um die Erde herum. Hierbei bewegen sich die Ionen und Protonen westwärts, die Elektronen fließen ostwärts. Daraus resultiert ein westwärts gerichteter elektrischer Gesamtstrom. Diese Drift ist die Ursache des bereits erwähnten Ringstroms und der Strahlungsgürtel. Im Rahmen der eben diskutierten Bewegungsformen wird es verständlich, daß es Teilchenbahnen in der Magnetosphäre gibt, die periodisch dieselben Feldlinien kreuzend um die Erde herumführen. Die Teilchen auf diesen Bahnen sind eingefangen und gewissermaßen ebenfalls natürliche Satelliten der Erde. Allerdings werden sie eben nicht durch die Gravitationskraft, sondern durch das Magnetfeld festgehalten. Interessant ist nun, daß diese „eingefangenen“ Teilchen, wie wir aus Satellitenmessungen wissen, [O'Brien, 1962, 1964b], doch nur eine beschränkte Lebenszeit haben und danach in die Erdatmosphäre abfließen. Charakteristische Lebenszeiten für Elektronen liegen zwischen 20 Minuten und einem Tag. Offenbar unterliegen die eingefangenen Teilchen bestimmten Wechselwirkungen, welche die Dynamik der Teilchen z. B. im Strahlungsgürtel kontrollieren. Diese Wechselwirkungen sind im wesentlichen verursacht durch

1. langsame zeitliche oder großräumige Veränderungen der Magnetfeldstruktur. Diese Effekte können relativ gut im Rahmen der sogenannten Adiabaten-theorie der Bewegung geladener Teilchen in Magnetfeldern [Northrop, 1963] beschrieben werden.
2. Veränderungen in der Struktur der magnetischen und elektrischen Felder während kurzzeitiger Störungen des mittleren magnetosphärischen Zustandes (Dauer von einigen Stunden).
3. Diffusion von Teilchen, die durch Fluktuationen und Resonanzen mit Schwingungen und Wellen der elektrischen und magnetischen Felder erzeugt wird. Auf diese wichtige Möglichkeit wurde zuerst von Kellogg (1959) hingewiesen.
4. Stoßwechselwirkungen mit atmosphärischen Ionen, Atomen und Molekülen. Bei diesen Stößen verlieren die aus der Magnetosphäre kommenden Teilchen Energie, so daß sie nicht mehr in die Magnetosphäre zurückfließen können, sondern quasi in die Atmosphäre „abregnen“ (prezipitieren).

Von den genannten Ursachen ist die unter 2. genannte am wenigsten untersucht. Das ist eine Folge der noch recht geringen Kenntnisse von der Struktur der elektrischen und magnetischen Felder während gestörter Bedingungen.

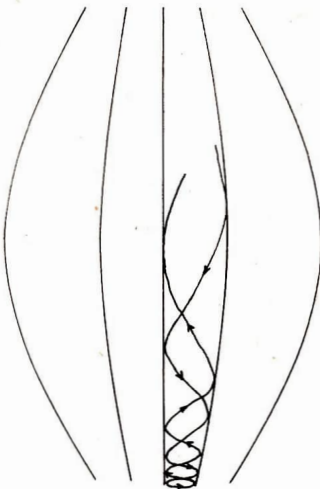


Abb. 3:
Anschauliche Darstellung von Gyrationen- und Bouncebewegungen.

Im Mittelpunkt des Interesses der theoretischen (plasmakinetischen) Untersuchungen der letzten Jahre standen die unter 3. genannten Diffusionseffekte, insbesondere die sogenannte „radiale Diffusion“ und die „Pitch-Winkel-Diffusion“. Die radiale Diffusion wird durch stochastische Fluktuationen vor allem des elektrischen Feldes verursacht [Fälthammar, 1965] und führt zu einem Transport von Teilchen radial auf die Erde zu. Hierbei gewinnen die Teilchen durch die sogenannte „Betatron-Beschleunigung“ an Energie [Schulz, Lanzerotti, 1973]. Die diese Energie liefernden Fluktuationen existieren in dem gesamten Gebiet geschlossener Feldlinien, allerdings sind sie für die radiale Diffusion nur in den äußeren Bereichen dieses Gebietes von Belang. Übrigens ist diese radiale Diffusion der Steuerungsmechanismus für die radiale Verteilung und ständige Nachlieferung der eingefangenen Teilchen und auch für die Wiedereinstellung der Teilchenverteilungen nach geomagnetischen Störungen.

Ein weiterer zu Beschleunigungen (und Abbremsungen) und damit zu Änderungen in den Teilchenverteilungen führender Mechanismus sei nur kurz erwähnt. Er tritt auf, wenn (magnetohydrodynamische) Wellen auftreten, deren Frequenz in der Nähe der Bounce-Frequenz eingefangener Teilchen liegt. In diesem Falle kommen die Teilchen, welche die Bounce-Bewegung ausführen, mit der Welle in Resonanz und tauschen Energie mit der Welle aus.

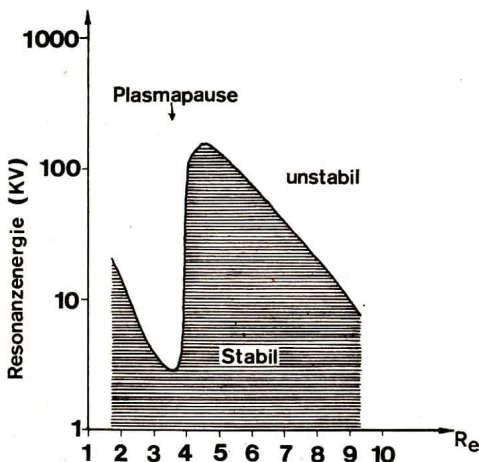
Die Pitch-Winkel-Diffusion ist ein Ergebnis solcher (nicht-linearer) Welle-Teilchen-Wechselwirkungen, die zu einem Fluß von Teilchen aus der Magnetosphäre in die Atmosphäre führen. Anschaulich bedeutet dies, daß die Teilchen ihren Pitch-Winkel, das ist der Winkel zwischen Magnetfeldrichtung und Teilchengeschwindigkeit, als Folge von Resonanzen mit sich im Plasma ausbreitenden Wellen, verändern. Solche Resonanzen treten vornehmlich auch in der Nähe der Gyrationfrequenz (und ganzzahliger Vielfacher) auf. Die Teilchen, die dabei eine ausreichend große Parallelgeschwindigkeit (kleiner Pitch-Winkel) erhalten, gelangen bis in die Atmosphäre, da der Spiegelungspunkt ihrer Bounce-Bewegung nun tiefer in der Atmosphäre liegt, und precipitieren dort. Die zu Gyroresonanz-Wechselwirkungen führenden Wellen sind rechtszirkular polarisierte (niederfrequente) „Whistler“, die mit den Elektronen wechselwirken können, und die linkszirkular polarisierten Ionen-Zyklotron-Wellen, die mit den Protonen wechselwirken können. Weiterhin können analoge Welle-Teilchen-Wechselwirkungen durch sich im Plasma ausbreitende elektrostatische Wellen auftreten. Analysiert man die Möglichkeiten für das Auftreten der genannten Wellen in der Magnetosphäre, so lassen sich grob die folgenden Aussagen über die Auswirkungen der Welle-Teilchen-Wechselwirkungen zusammenfassen:

1. Teilchen mit Energien von einigen eV und weniger; sie bilden das sogenannte thermische Plasma der Magnetosphäre, sind praktisch in der gesamten Magnetosphäre stabil gegenüber Störungen in ihrer Verteilung durch Welle-Teilchen-Wechselwirkungen.
2. Die nächst höherenergetische Gruppe von Teilchen mit Häufigkeitsmaxima im Energiebereich um $(1-10)$ keV ist in ihrer Verteilung in einigen Gebieten der Magnetosphäre stark instabil und andererseits in einem Bereich zwischen der Plasmopause und $(7-9) R_E$ sehr stabil. Dies ist gerade das Gebiet der Elektronen in der äußeren Strahlungszone und der Ringstrom-Protonen, die ja eben aus diesem Grunde ein relativ stabiles Phänomen darstellen. Allerdings sind die Teilchenverteilungen in diesem Gebiet Variationen unterworfen, die eine Folge der von der Dipolgeometrie abweichenden Magnetfeldkonfiguration sind. Außerhalb dieser Grenze zwischen $7 R_E$ und $9 R_E$ befindet sich ein Gebiet starker Diffusion. Verfolgt man die magnetischen Feldlinien aus diesem Gebiet bis in die Atmosphäre, so münden sie gerade im Bereich der äquatorseitigen Begrenzung des Polarlicht-Ovals. Dieses Polarlicht-Oval ist das Gebiet maximaler Polarlicht-Häufigkeit.
3. Teilchen mit Energien größer als 100 keV wechselwirken mit Wellen im gesamten magnetosphärischen Plasma.

Dargestellt sind diese Ergebnisse in Abb. 4. Hier ist in Abhängigkeit von der Entfernung von der Erde (und in der Nähe der magnetosphärischen Äquatorebene) der Energiebereich der stabilen Teilchen schraffiert eingezeichnet. Teilchen aus dem darüberliegenden Energiebereich sind also instabil [Thorne, 1972]. In dem Bereich zwischen $(3-4) R_E$ werden demgemäß alle Teilchenverteilungen mit Energien größer als ungefähr 5 keV instabil, hier nehmen relativ viele Teilchen an den Wechselwirkungen teil. In diesem Gebiet liegt die Grenze der Plasmasphäre, die sogenannte Plasmopause, die letztlich für das starke Absinken der Schwellenenergie für Instabilitäten verantwortlich ist. Der wegen der vielen wechselwirkenden Teilchen resultierende verstärkte Teilchenfluß in die Erdatmosphäre in mittleren Breiten, führt zu den sogenannten subauroralen roten Bögen (Polarlichter). Zusammenfassend kann man zu diesem Abschnitt feststellen, daß die Bewegung der Teilchen in der Magnetosphäre wegen vieler, sich zum Teil bedingender Wechselwirkungen, relativ kompliziert ist. So beeinflussen die großräumigen magnetischen und elektrischen Felder die Bewegungen des thermi-

Abb. 4:

Resonanzenergieschwelle in
Abhängigkeit von der Ent-
fernung von der Erde (nach
Thorne, 1972).



schen (niederenergetischen) Plasmas. Dieses thermische Plasma bestimmt seinerseits gemeinsam mit dem Magnetfeld die Erzeugungs- und Ausbreitungsmöglichkeiten für Wellen und Fluktuationen. Diese aber wieder beeinflussen gerade die Bewegungen der hochenergetischen Teilchen im Magnetfeld und führen auch zu einem ständigen und während gestörter Bedingungen noch verstärkten Strom von hochenergetischen Teilchen in die obere Atmosphäre. Dieser erst in den letzten Jahren erkannte Energiestrom, der vor allem in die polare und aurale Ionosphäre fließt, beeinflusst die Dynamik der oberen Atmosphäre deutlich. Durch diese ständige Präzipitation geladener Teilchen werden in der Ionosphäre weiterhin elektrische Felder aufgebaut oder auch nur verändert. Diese wirken aber auch wieder zurück auf die Verteilung und auf die Bewegungen des niederenergetischen Plasmas, so daß wir es bei der Beschreibung der Bewegung der Teilchen in der Magnetosphäre insgesamt mit einem sehr komplexen physikalischen Prozeß zu tun haben.

5. Wellen in der Magnetosphäre

Der Einfluß von Wellenausbreitungsphänomenen auf die Dynamik der Teilchen in der Magnetosphäre, und insbesondere auf den ständigen Durchfluß von Teilchen aus dem Sonnenwind durch die Magnetosphäre bis hin zu ihrem ständigen Herabregnen in die Atmosphäre, wurde bereits mehrfach erwähnt. In dem Plasma der Magnetosphäre kommt es nun als Folge der sehr unterschiedlichen physikalischen Gegebenheiten in den verschiedenen Gebieten zu einer Vielzahl von Wellenerscheinungen. Es erscheint daher als sehr sinnvoll, die in der Magnetosphäre auftretenden Wellenphänomene zusammenfassend darzustellen. Das soll in diesem Abschnitt geschehen.

Elektromagnetische Wellen — zu denen ja auch das Licht und die Radiowellen gehören — können sich in Materie mit sehr guter elektrischer Leitfähigkeit nicht ausbreiten, da das elektrische Feld eben wegen der guten elektrischen Leitfähigkeit zusammenbricht, (kurzgeschlossen wird). Genau aus diesem Grunde sind gute elektrische Leiter (z. B. Metalle) ja auch undurchsichtig. Offenbar hängt also die Ausbreitungsfähigkeit elektromagnetischer Wellen in elektrisch leitenden Medien auch davon ab, wie schnell die Schwingungen erfolgen — welche Frequenz die Welle hat — und ob innerhalb einer oder weniger Schwingungsperioden der Kurzschluß durch den Leiter erfolgen kann oder nicht. So ist offenbar die Leitfähigkeit des „supraleitenden“ Sonnenwindes noch lange nicht ausreichend, um das sichtbare Licht der Sonne oder auch nur die solare Radiostrahlung kurzzuschließen. Bei vergleichsweise aber noch sehr viel langsameren Prozessen tritt dieser Kurzschluß ein. Für ein solches Plasma, das mit dieser „Kurzschluß-Näherung“ beschrieben werden kann, ist die zuständige physikalische Theorie die ideale Magnetohydrodynamik. In einem solchen Plasma treten, übrigens gekop-

pelte, Schallwellen und magnetische Wellen auf, die zusammenfassend als magnetohydrodynamische Wellen bezeichnet werden. Sie sind sehr viel niederfrequent als die erwähnten elektromagnetischen Wellen. In der Magnetosphäre liegt ihre Periodendauer beispielsweise zwischen Bruchteilen einer Sekunde und ungefähr tausend Minuten. Eine charakteristische Geschwindigkeit dieser Wellen ist die ALFVÉN-Geschwindigkeit. Sie liegt in der Magnetosphäre zwischen 150 km/s und 4000 km/s. Dabei existieren zwei Maxima bei $1,6 R_E$ und $4 R_E$, ein Minimum liegt bei $3 R_E$. Zur Erde hin und außerhalb $8 R_E$ nimmt die ALFVÉN-Geschwindigkeit stark ab.

Eine spezielle Gruppe der magnetohydrodynamischen Wellen sind die sogenannten ALFVÉN-Wellen, deren Entstehung und Eigenschaften relativ einfach anschaulich verständlich sind. [Alfvén, Fälthammar, 1963]. Es ist ja bekannt, daß man die Kraftwirkungen eines Magnetfeldes durch die magnetischen Feldlinien veranschaulicht (solche Linien an sich gibt es nicht). Die zugehörigen magnetischen Kraftwirkungen sind dann von der Art, daß längs der Feldlinien ein Zug (negativer Druck) wirkt und senkrecht zu den Feldlinien ein (positiver) Druck. In diesem Sinne hat eine magnetische Feldlinie gewissermaßen elastische Eigenschaften. Eine kleine Störung des Magnetfeldes führt in diesem Bilde dann also zu einer leichten Deformation der magnetischen Feldlinien an dieser Stelle, und analog zu den elastischen Wellen kann auch das Magnetfeld sich in dem betrachteten Medium wellenartig ausbreiten. Gedämpft werden können solche Wellen durch dissipative Effekte (wie Reibung und OHMsche Verluste). Die beschriebenen ALFVÉN-Wellen sind transversale. Die Störungsgeschwindigkeit steht bei ihnen senkrecht auf dem ungestörten Magnetfeld. Die ALFVÉN-Wellen breiten sich parallel (oder antiparallel) zu dem ungestörten Magnetfeld aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit in diesem Falle ist die bereits erwähnte ALFVÉN-Geschwindigkeit. Bei anderen Ausbreitungsrichtungen existiert die magnetische ALFVÉN-Welle nicht entkoppelt. Sie ist mit den, in jedem elastischen Medium auftretenden Schallwellen gekoppelt. Im Falle einer zum Magnetfeld senkrechten, aber zur Störungsgeschwindigkeit parallelen Wellenausbreitung, in dem man also eine longitudinale Welle vorliegen hat, spricht man dementsprechend von einer magnetoakustischen Welle. Im allgemeinen Falle beliebiger Richtungen von ungestörtem Magnetfeld, Störungsgeschwindigkeit und Wellenausbreitungsrichtung spricht man bei diesen Wellen allgemein von magnetohydrodynamischen Wellen.

Diese Wellen und auch ihre longitudinalen und transversalen Spezialfälle sind überall in der Magnetosphäre durch Magnetometer an Bord von Satelliten ebenso meßbar wie mit bodengebundenen Methoden direkt an der Erdoberfläche. Sie werden als geomagnetische Mikropulsationen bezeichnet und sie haben Amplituden von 10^{-7} Vs/m² (bei den langperiodischen Erscheinungen) in Polarlichtbreiten, bis 10^{-11} Vs/m² (bei den kürzesten Perioden) in Äquatornähe. Ihre Entstehungsursachen sind recht unterschiedlich, sie sind insbesondere für verschiedene Gruppen der Mikropulsationen verschieden. Ebenso läßt sich ihre Ausbreitung innerhalb der Magnetosphäre im Rahmen eines überblicksartigen und zusammenfassenden Beitrags nicht ausführlich diskutieren. Es sei nur erwähnt, daß es in der Magnetosphäre Gebiete gibt, in denen die magnetohydrodynamischen Wellen verstärkt werden, ebenso wie es Regionen gibt, an denen sie stark gebrochen oder reflektiert werden. Aus eben diesen Gründen nun aber, und auch wegen der Vielfalt der Erzeugungsmöglichkeiten sind die magnetosphärischen magnetohydrodynamischen Wellen also sehr empfindliche Indikatoren für den jeweiligen lokalen Zustand des Plasmas in der Magnetosphäre. Sie werden daher in zunehmendem Maße zur Diagnostik des magnetosphärischen Plasmas und zu seiner Überwachung verwendet. Die Untersuchungen zu dieser Problematik sind aber noch nicht abgeschlossen.

Geht man nun von den niedrigen Frequenzen der magnetohydrodynamischen Wellen zu hochfrequenten Wellen über, so wird die Leitfähigkeit des Plasmas schließlich nicht mehr groß genug sein, um das nun viel schneller schwingende elektrische Feld kurzzuschließen. In diesem Sinne hat das Plasma nun eine endliche Leitfähigkeit und die jetzt auftretenden Wellen sind elektromagnetische Wellen, deren Eigenschaften freilich wegen der endlichen elektrischen Leitfähigkeit des Plasmas durch dieses sehr beeinflußt werden. In einem warmen anisotropen (also von einem äußeren Magnetfeld durchsetzten) Plasma ist eine Vielzahl verschiedenartiger elektromagnetischer Wellenarten möglich. Hier auf soll aber in diesem Zusammenhang nicht weiter eingegangen werden. Es muß genügen, hier nur die für das magnetosphärische Plasma wichtigsten elektromagnetischen Wellenarten zu diskutieren. In dem Spezialfall einer zum ungestörten Magnetfeld parallelen (oder antiparallelen) Wellenausbreitung treten in diesem Plasma drei verschiedene Wellenarten entkoppelt auf. Es sind dies die elektrostatischen Plasmawellen, die Ionenzyklotronwellen und die Whistler. Im allgemeinen Falle sind diese drei Wellenarten gekoppelt.

Die Whistler sind im wesentlichen durch die Elektronen des magnetosphärischen Plasma beeinflußt. Ihre Frequenz liegt im hörbaren Bereich. Ihr Name „Whistler“ (Pfeitöne) rührt übrigens davon her, daß sie als Pfeitöne hörbar gemacht werden können. Als solche wurden sie auch von Barkhausen während des ersten Weltkrieges entdeckt. Ihre wirkliche physikalische Struktur und ihr Erzeugungs-

mechanismus wurde aber erst von Storey 1953 ausführlich diskutiert. Diese Whistler haben eine eigenartige Dispersion, d. h. von einem ursprünglichen Breitbandsignal bewegen sich die höheren Frequenzen am schnellsten und die niedrigsten am langsamsten. Das bedeutet, daß man zuerst die hochfrequenten Anteile empfängt und daß dann die Frequenz des Signals laufend abnimmt. Dadurch entsteht der Eindruck eines Pfeiftons. Die Ausbreitungseigenschaften der sich hauptsächlich längs der Feldlinien des Magnetfeldes ausbreitenden Whistler sind sehr empfindlich von der Elektronendichte des Plasmas abhängig. Umgekehrt ist damit auf diesem Wege eine Meßmöglichkeit für die Dichte des magnetosphärischen Plasmas entlang einer Magnetfeldlinie gegeben. Auf diesem Wege ist es beispielsweise heute möglich, die Lage der Plasmopause, an der ja die Dichte des thermischen Plasmas ungefähr um den Faktor 20 nach außen hin abnimmt, ständig zu überwachen. In dem folgenden Abschnitt wird noch erklärt werden, weshalb neben dieser Dichtemessung mit der ständigen Überwachung gleichzeitig Informationen über den Zustand des magnetosphärischen elektrischen Feldes erhalten werden können. Zu den Whistlern sei abschließend noch erwähnt, daß sie zumeist durch elektrische Entladungen (Blitze) in der Atmosphäre entstehen und sich dann teilweise vom Magnetfeld „eingefangen“ in der Magnetosphäre ausbreiten. Sie sind dort als rechtszirkular polarisierte Plasmawellen nachweisbar und sie können in der Magnetosphäre über die bereits erwähnten Welle-Teilchen-Wechselwirkungen Einfluß auf die Dynamik des magnetosphärischen Plasmas nehmen. Die im Gegensatz zu den Whistlern linkszirkular polarisierten elektromagnetischen Plasmawellen in der Magnetosphäre sind die bereits erwähnten Ionenzyklotronwellen. Ihre Existenz ist ebenfalls in der Magnetosphäre nachgewiesen. Sie haben über die resonanten Welle-Teilchen-Wirkungen einen ähnlichen Einfluß auf die Dynamik der Teilchen in der Magnetosphäre wie die Whistler. Ähnliches gilt auch für die dritte der gesamten Wellenarten, die elektrostatische Welle. Allerdings sind die Untersuchungen hierzu noch in vollem Gange.

Fortsetzung folgt.

Stand und Entwicklungsperspektiven der Nachrichtensatelliten

Dipl.-Ing. H. D. NAUMANN

1. Stand der Nachrichtensatellitentechnik

Von Vorversuchen — in der UdSSR im Rahmen der Kosmos-Satellitenreihe, in den USA mit den Typen Courier, Telstar, Relay und Syncom durchgeführt — abgesehen, kann die Nachrichtensatellitentechnik auf eine rund zehnjährige Einsatzphase zurückblicken. Nahezu gleichzeitig starteten die UdSSR und die USA, mit allerdings konzeptionell grundverschiedenen Anlagen, im April 1965 mit den Satelliten Molnija 1–1 (1965 — 30 A, Start: 23. 4. 1965) und Intelsat 1, genannt Early Bird (1965 — 28 A, Start: 6. 4. 1965) ihre ersten Einsatztypen und begannen den Aufbau von für den Weltstreckennachrichtenverkehr bestimmten Fernmeldesatellitensystemen. Seitdem konnten Nachrichtensatelliten einen ständig steigenden und heute bedeutsamen Anteil am internationalen, besonders in der UdSSR aber auch am nationalen Fernmeldeverkehr erreichen. Entsprechend dem schnell wachsenden Bedarf besonders auf den internationalen Strecken wuchs die Übertragungskapazität der Satellitensysteme sowie das technische Niveau der Bodenanlagen und Satellitenausrüstungen. So konnte im Verlaufe eines Jahrzehnts die Lebensdauererwartung der Satelliten um den Faktor 5 auf heute 7 Jahre gesteigert werden, die Übertragungskapazität um den Faktor 40, von anfangs 240 auf heute nahezu 10 000 Fernsprechkreise je Satellit (Abb. 1). Die Technik der Nachrichtensatelliten hat damit heute einen Stand erreicht, der ohne Anwendung neuer Verfahren kaum noch Steigerungen zuläßt.

Mit der Erhöhung des Verkehrsaufkommens ging ein Strukturwandel der Systeme einher — aus den ursprünglichen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen entwickelten sich sternförmige Netze, die in den drei Verkehrszentren Atlantik, Pazifik und Indischer Ozean starke Konzentrationen von Bodenstationen aufweisen. So betreiben die 88 Mitgliedsländer des Intelsat heute 81 Erdefunkstellen mit 99 Antennen in 59 Ländern [1]. Das System arbeitet mit 3 Satelliten über dem Atlantik, 2 über dem Pazifik und einem über dem Indischen Ozean — jeweils vom Typ Intelsat 4 — und stellt auf der Basis der Verwendung von Primär- und Sekundärsatelliten derzeit rund 11 000 Sprechkreise weltweit zur Verfügung.

Mit dem Aufbau sternförmiger Fernmeldesatellitennetze erlangten besonders zwei Techniken Bedeutung: Die SPADE-Technik sowie der Vielfachzugriff. SPADE (Single Channel per Carrier PCM Multiple Access Demand Assignment Equipment) dient dazu, zu Stationen mit schwachem Verkehrsaufkommen nur Kanäle über Einzelverbindungen zu schalten, die von einer Zentrale zugeteilt werden, im Gegensatz zu den Sprechkreislösungen zu Stationen mit hohem Aufkommen [2], [3], [4]. Vorteil ist die bessere Ausnutzung der Kapazität des Satellitentransponders. Die Nutzkapazität eines Satellitentransponders ist von der Zahl der über ihn betriebenen Mehrkanalträger abhängig und sinkt mit steigender Trägerzahl. Beim Betrieb eines Trägers kann ein Transponder 900 Kanäle übertragen. Bei Mehrfachzugriff mit 7 Trägern mit je 5 MHz Bandbreite sinkt diese Zahl auf 420. Dagegen ermöglicht es das SPADE-System, bei 50 zugreifenden Erdefunkstellen und der Möglichkeit von 60 Zugriffen je Funkstelle mit bedarfsweiser Zuteilung bei 1% Verlust 3000 Verbindungen über ein Leitungsbündel von 400 Satellitenstromkreisen je Transponder herzustellen [2], [4]. Für die Realisierung des Vielfachzugriffs kommen vorrangig zwei Verfahren in Betracht [5]:

- FDMA (Frequency Division Multiple Access),
- TDMA (Time Division Multiple Access).

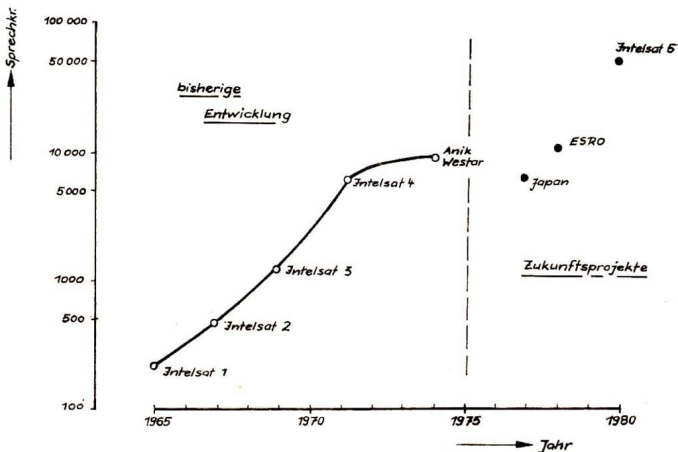


Abb. 1: Entwicklung der Sprechkreiskapazität von Nachrichtensatelliten.

Das Grundprinzip beider Verfahren besteht darin, daß alle Bodenstationen ihre Signale zum Satelliten senden, wo ein Summensignal gebildet wird, das in einem anderen Frequenzbereich zu den Bodenstationen zur Abstrahlung kommt. Auf Grund des „Bildungsgesetzes“ des Summensignals ist jede Bodenstation in der Lage, die ihr zugeordneten Signalanteile auszusuchen. Bisher wird vorwiegend das

Frequenzmultiplexprinzip angewandt, bei dem jeder Bodenstation ein bestimmter Frequenzabschnitt des insgesamt zur Verfügung stehenden Bereiches zugeteilt wird. Dieses Verfahren beruht auf der heute ausgereiften FM-Technik, hat jedoch den Nachteil, daß die verfügbare Kapazität mit steigender Zahl von Bodenstationen stark sinkt (Abb. 2), so daß künftig die Zeitmultiplextechnik

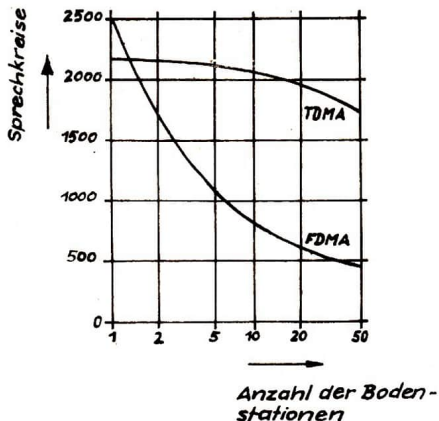


Abb. 2:
Übertragungskapazität von
FDMA und TDMA
Systemparameter:
Güte d. Erdefunkstelle
40,7 dB/°K,
EIRP d. Satelliten 29 dBW,
Transponderbandbreite
90 MHz,
Betriebsreserve 6 dB,
Bitrate des TDMA-Systems
138 Mbit/s,
(nach Stösser [6]).

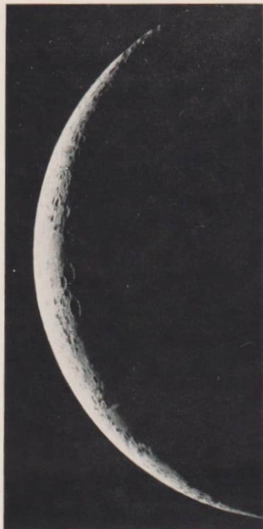


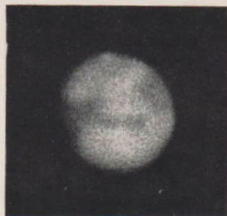
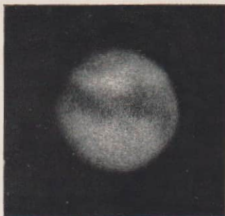
Abb. 1a Abb. 1b
Mond 2,2^d



a) Vergrößerung vom Originalnegativ — b) Vergrößerung nach Umkopieren

Abb. 2a: Mars 1973

Vergrößerungen vom Originalnegativ.



Zum Beitrag S. 22



Abb. 2b: Vergrößerungen
nach Umkopieren
auf FU 5 Film.

Zum Beitrag S. 22

Links: Monddetailaufnahmen von oben nach unten
Abb. 3a und 3b, 4a und 4b

Unten: Aufnahme der Plejaden.

Abb. 5a: Vergrößerung vom Originalnegativ,

Abb. 5b: Vergrößerung nach Umkopieren auf FU5-Film





• Nova

♂

• α Cyg

• ξ

• γ

Abb. 1, oben: Nova Cygni,
1975 August 30 — 1.41 bis 1.51
Uhr MEZ — Kleinbildkamera
Praktica 2 — Objektiv Biotar 2/58
— Film: ORWO NP 15 — Ver-
zeichnungen an Bildrändern durch
das Objektiv bedingt. Beobachter:
Bernd Hübel, Magdeburg



Abb. 2, rechts:
Planetoid Eros
Aufnahme: 13. 1. 1975 von 22.10
bis 23.10 Uhr MEZ mit Newton-
Spiegel 180/1200 auf ZU 2,
Astronomische Station „Johannes
Kepler“, Halle-Kanena



Mit dem Zeichenstift am Amateurfernrohr

Sonnenfleckenzzeichnungen v.
Siegfried Seliger, Dresden, am
Refraktor 80/1200

Abb. 2, links: Beob.-Nr. 247.
1974-09-21; 12.10-12.25 MEZ
Luft 1-2; Vergr. = 120 fach;
Herschelprisma.

Abb 1, unten: Beob.-Nr. 246
1974-09-20; 13.10 - 13.30 MEZ
Luft 2-3 (flimmernd)
Vergr. = 75fach;
Herschel-Prisma. Beide Abb. von
gleicher Gruppe

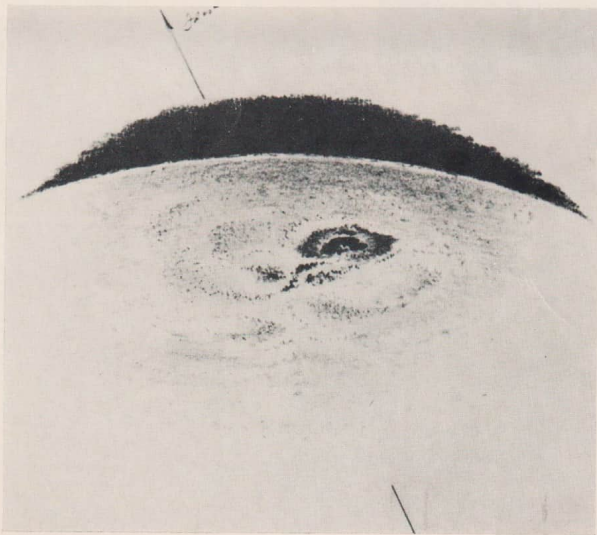
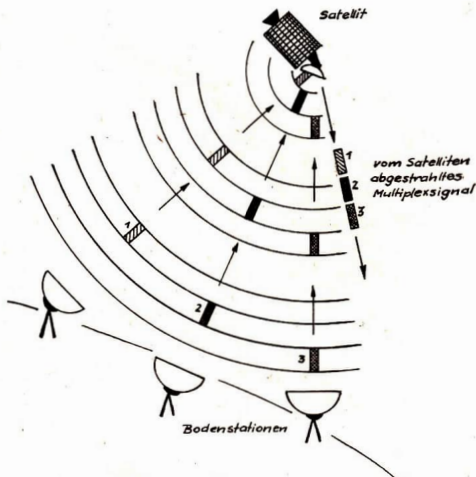


Abb. 3:

Schematische Darstellung
des Vielfachzugriffs nach
dem Zeitmultiplexverfahren
(TDMA).



größere Bedeutung erlangen wird [6]. Hierbei werden jeder Bodenstation periodisch bestimmte Zeitabschnitte zugewiesen (Abb. 3). Die TDMA-Technik ist schwieriger zu realisieren, da sie eine exakte Zeitsynchronisation zwischen allen Bodenstationen erfordert. Bei 500 kHz Bandbreite muß diese bis auf 700 μ s, bei 10 MHz Bandbreite bis auf 70 μ s genau sein [3]. Die TDMA-Technik bedarf noch einiger Experimente, um optimale und kostengünstige Lösungen einzuführen.

2. Einige Probleme der künftigen Entwicklung

2.1. Satellitenfunkdienste

Die bisherige Entwicklung der Nachrichtensatellitentechnik stand ausschließlich unter dem Aspekt des interkontinentalen oder kontinentalen Weitstrecken-Funkverkehrs, wobei der Satellit als Relaisstation in der Funkstrecke zwischen zwei Erdefunkstellen fungiert. Die künftige Entwicklung wird zu einer wesentlichen Ausweitung von Nachrichtensatellitendiensten führen. Es ist deshalb notwendig, bisherige Definitionen für Nachrichtensatelliten (siehe z. B. [8]) zu erweitern und den Begriff als Oberbegriff für eine Reihe teilweise stark differenzierter Satellitendienste anzuwenden [6]. Ein Nachrichtensatellit ist danach ein künstlicher Raumflugkörper, der zur Informationsübermittlung zwischen

- verschiedenen Funkstellen auf der Erdoberfläche,
- verschiedenen Funkstellen auf der Erdoberfläche und der sie umgebenden Atmosphäre, und/oder
- verschiedenen Funkstellen auf der Erdoberfläche, der Atmosphäre und/oder des Weltraumes

dient. Im Rahmen der Informationsübertragungskette hat der Nachrichtensatellit dabei eine informatorisch passive Funktion, d. h. er ist weder Nutzer noch Erzeuger der übertragenen Informationen (durch letzteres erfolgt eine klare Abgrenzung von Nachrichtensatellitendiensten von anderen Weltraumfunkdiensten, bei denen Satelliten Nutzer oder Erzeuger von Informationen sind, z. B. Forschungsatelliten).

Unter Beachtung perspektivischer Entwicklungen sind in Zukunft folgende Nachrichtensatellitendienste zu unterscheiden:

- Fernmelde-Relaisatelliten
Internationale oder nationale Weitstreckenübertragungen beliebiger Informationen, insbesondere von Ferngesprächen, Fernschreiben, Rundfunk- und Fernsehprogrammen und allgemeinen Daten,
- Rundfunk-Verteilersatelliten
Verteilung zentraler Rundfunk- und Fernsehprogramme an regionale Sender,
- Rundfunksatelliten
Verteilung von Rundfunk- und Fernsehprogrammen mit individuellem Empfang durch einzelne Teilnehmer oder Gemeinschaftsempfang durch Gruppen,
- Verkehrsfunksatelliten
Übertragung von Betriebs- und Ortungssignalen für den internationalen Flug- und Schiffsverkehr,
- Relaisatelliten für Raummissionen oder andere Satellitendienste, z. B. Datenübertragungen für Wettersatelliten.

Die beiden erstgenannten Typen sind mit den Satellitensystemen Intelsat und Westar (USA), Anik (Kanada) und Molnija (UdSSR) bereits realisiert. Die letzteren befinden sich in der Projekt- und Vorbereitungsphase bzw. im Experimentalstadium. In die fünfte Kategorie sind die Experimente einzuordnen, wie sie mit dem französischen Satelliten Eole unternommen wurden, ebenso die Datenübermittlungsfunktionen der amerikanischen geostationären Wettersatelliten SMS, die Informationen und Meßwerte tausender bemannter und unbemannter Bodenstationen meteorologischer, hydrologischer, ozeanografischer und seismologischer Art sammeln und übertragen.

2.2. Regionalsysteme

Im Gegensatz zu den Fernmeldesatelliten der 1. Generation, bei denen eine isotrope Abstrahlung der Sendeleistung erfolgte, arbeiten heutige Typen vorwiegend mit stark

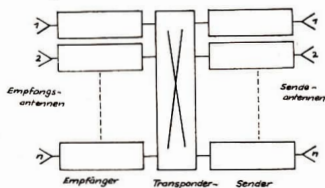
bündelnden Richtantennen [6]. Der Stand der Satellitentechnik erlaubt es, Antennenöffnungswinkel in der Größenordnung von 1° zu realisieren und damit regionale Gebiete auszuleuchten. Ein Antennenöffnungswinkel eines geostationären Satelliten von 1° ermöglicht die Ausleuchtung eines irischen Gebietes von etwa 650 km Durchmesser. Ein Antennenöffnungswinkel von 4° ist demnach ausreichend für Europa, während eine Ausleuchtung der DDR Werte in der Größenordnung 0,5 bis $0,8^\circ$ erfordern würde. Die Intelsat-4-Satelliten arbeiten derzeit mit Öffnungswinkeln von $17,2^\circ$ für die volle Erdausleuchtung sowie Werte von 4° für regionale Zonen.

Mit diesen Fortschritten sind die prinzipiellen Voraussetzungen geschaffen, regionale Fernmeldesatellitensysteme auch für kleinere Staaten zu schaffen. Bisher waren Regionalsysteme auf größere Territorien, wie die UdSSR, die USA oder Kanada beschränkt. Die Schaffung derartiger Regionalsysteme auch für kleinere Staaten, z. T. auf der Basis der multivalenten Nutzung vorhandener Fernmeldesatelliten ist eine markante Entwicklungstendenz der gegenwärtigen Etappe und der kommenden Jahre. Sie sind besonders für solche Gebiete geeignet, die über noch unterentwickelte Nachrichtennetze verfügen (z. B. Afrika, Südamerika, Indien) oder solche, die auf Grund zunehmender Funkdienste in den nächsten Jahren große Kapazitätslücken zu erwarten haben. Große Chancen sind Regionalsystemen besonders auch für die Verbreitung von Bildungssektoren einzuräumen.

In Tabelle 1 wird eine Übersicht gegeben über bisher realisierte und sich in Projektierung und Entwicklung befindliche Regional-Satellitensysteme. Danach ist im Zeitraum 1975–1977 mit der Inbetriebnahme von mehr als 10 weiteren Regionalsystemen zu rechnen, wobei in weiteren Ländern einschlägige Überlegungen angekündigt sind. Das erste Regionalsystem Afrikas wurde von Algerien 1975 in Betrieb genommen. Es schließt die weitaus am weitesten entfernten Handels-, Bergbau- und Touristenzentren der Sahara und viele entfernt gelegene Wüstensiedlungen an das nationale Fernsehen, das algerische Bildungsfunkfernsehen sowie das Fernsprechnetz an. Basis ist ein Netz von 14 Bodenstationen sowie ein von Intelsat gemieteter Transponder mit 1200 Fernsprechanalisen, der je nach Auslastung von einem Intelsat-4-Satelliten über dem Atlantik oder dem Indischen Ozean zugewiesen wird [9]. Ein ähnliches System errichtet Norwegen zur Verbindung zwischen dem Land und den Ölplattformen am norwegischen Festlandsockel. Es basiert ebenfalls auf der Nutzung eines Intelsat-4-Satelliten. Indonesien hat für ein System zur Verbindung seiner Inselwelt mit Hughes Aircraft einen Satelliten in Auftrag gegeben, der weitgehend Anik und Westar gleichen wird. Er soll 1976 von Cap Canaveral aus gestartet werden. Das Bodennetz umfaßt eine Hauptkontrollstation und neun Erdstationen. In den USA wird es 1976 vier privatkapitalistische Regionalsysteme geben, die miteinander in starkem Konkurrenzkampf stehen [10]. Schließlich werden Regionalsysteme von Japan, England, der ESRO und der arabischen Liga geplant.

Abb. 4:

Schema eines Satellitentransponders mit Vermittlungsfunktion.



2.3. Bahnprobleme

Die überwiegende Zahl der heute bekannten Nachrichtensatellitenprojekte orientiert auf geostationäre Umlaufbahnen. Damit ist in den nächsten Jahren eine starke Zunahme von Satelliten im geostationären Orbit zu erwarten. Nach Stösser [6] ist bis 1980 mit etwa 100 zivilen und militärischen Nachrichtensatelliten in der Synchronbahn zu rechnen. Eine Studie des französischen Zentrums für Raumforschung prognostiziert für den Zeitraum bis 1990 182 geostationäre Nachrichten- und Meteorologiesatelliten. Diese Zahlen lassen für den Zeitraum nach 1980 echte Probleme bezüglich einer „Überlastung“ der Synchronbahn erwarten, zumal die Satelliten, speziell die Nachrichtensatelliten, keine gleichmäßige Verteilung erfahren können, sondern entsprechend der Verteilung der Kontinente auf unserem Erdball eine Konzentration in den genannten drei Verkehrszonen erfahren.

Ob eine hochpräzise Einschubpositionierung und Positionsstabilisierung sowie eine strenge Frequenzkoordinierung allein ausreichend sind, die sich sicherlich einstellenden Probleme zu lösen, erscheint aus heutiger Sicht fraglich. Zuständige internationale Gremien werden sich sicherlich schon in wenigen Jahren mit dem Problem einer straffen Koordinierung zu errichtender weiterer Nachrichtensatellitendienste und -systeme überhaupt befassen müssen, um inflationistische Tendenzen rechtzeitig zu vermeiden.

2.4. Frequenzprobleme

Die bisherigen Fernmeldesatellitendienste arbeiten sämtlich im Gebiet unterhalb 10 GHz, für die Strecke Erde – Satellit im 4 GHz-Bereich, umgekehrt im 6 GHz-Bereich. Durch die Weltraumfunkkonferenz 1971 wurden die für Nachrichtensatellitendienste verfügbaren Frequenzbereiche wesentlich erweitert. Obwohl sich dadurch das gesamte Frequenzspektrum um den Faktor 10 vergrößert hat, erfordert das stark progressive Wachstum des Verkehrsaufkommens auch weiterhin eine optimale Nutzung [6]. Die Weltraumfunkverwaltungs-konferenz 1971 trat insbesondere solche Frequenzzuweisungen, die künftige Nachrichtensatellitendienste betreffen [11]. So wurden z. B. die Frequenzbereiche für Fernmelderealsatelliten („feste Funkdienste“) von bisher 6 mit insgesamt 2795 MHz Umfang auf 20 mit 91990 MHz Umfang erweitert. Sie umfassen heute

- 6 Bereiche zwischen 1 und 10 GHz mit 2795 MHz Umfang,
- 6 Bereiche zwischen 10 und 40 GHz mit 8250 MHz Umfang,
- 8 Bereiche zwischen 40 und 275 GHz mit 80950 MHz Umfang.

Erstmals wurden den Rundfunksatelliten Frequenzen in den Bereichen 620–790 MHz, 2500–2690 MHz, 11,7 bis 12,5 GHz, 41–43 GHz und 84–86 GHz zugewiesen, worüber in [12] ausführlich berichtet wurde. Insbesondere für Europa ist die Ausarbeitung eines Frequenzverteilungsplanes für den 12 GHz-Bereich von Interesse, die für 1977 durch eine weitere Funkverwaltungs-konferenz erwartet wird. Die Ergebnisse der bis dahin ablaufenden Experimente, z. B. mit den Satelliten ATS 6 (siehe [7]) oder Sirio werden hierauf von wesentlichem Einfluß sein.

Als sehr wichtig sollen schließlich die 1971 getroffenen Festlegungen für Verkehrsfunksatelliten, insbesondere für den Flug- und Schiffsfunk erwähnt werden. So wird im Bereich 156–174 MHz ein Satellitendienst für Notfunk auf See vorgesehen, mit Frequenzen von 157,3125 bis 157,4125 MHz für die Strecke Schiff – Satellit und 161,9125 bis 162,0125 MHz in umgekehrter Richtung. Im Bereich 1535–1690 MHz sind See- und Flugfunkdienste zugelassen. Für Navigationssatellitendienste sind darüber hinaus die Bänder 4200–4400 MHz, 5000–5250 MHz und 15,4–15,7 GHz zugewiesen [11].

Die Nutzung der Frequenzbereiche oberhalb 10 GHz für den Weltraumfunkverkehr wirft auf Grund der Ausbreitungsbedingungen, insbesondere der hohen Freiraumdämpfung zahlreiche Probleme auf. Ihre Untersuchung ist Gegenstand einer Reihe experimenteller Nachrichten-

satelliten der nächsten Jahre, wie z. B. Sirio, OTS (ESRO), CTS (Kanada), eines geplanten britischen Satelliten sowie japanischer Typen.

2.5. Neue technische Übertragungsverfahren

Die Bewältigung des künftig zu erwartenden steigenden Verkehrsaufkommens erfordert neue verfahrenstechnische Lösungen für die Signalübertragung, da die derzeit angewandten Techniken an der Grenze ihrer Möglichkeiten angelangt sind. Um 1980 ist deshalb mit einem Wandel in der Nachrichtensatellitentechnik zu rechnen. Für dann zum Einsatz kommende Typen sind Übertragungskapazitäten von 25000 bis 50000 Fernsprechkäufen je Satellit bei Lebensdauererwartungen von 10 Jahren zu erwarten (Intelsat 5). Der Leistungsbedarf der Nachrichtensatelliten liegt dann bei Werten um 10 kW, wie ihn auch die ersten Raumstationen aufwiesen. Neben der Nutzung neuer Frequenzbereiche steht dann die Anwendung neuer Verfahren auf der Tagesordnung, von denen einige kurz umrissen werden sollen.

2.5.1. Verbesserungen der Vielfachzugriffstechnik

Eine rationellere Nutzung der Satellitenübertragungskapazitäten wird durch umfassende Anwendung der Zeit-

multiplextechnik erwartet, sowie durch Einsatz von Satellitentranspondern mit Vermittlungsfunktionen auf der Basis stark bündelnder Satellitenantennen (Spot Beam Antennas) [6]. Dadurch ist es möglich, eine richtungsabhängige, variable Übertragung von Signalen vorzunehmen, wodurch sich die Übertragungskapazität wesentlich steigern läßt. Abb. 4 zeigt das Schema eines solchen Transponders mit Vermittlungsfunktion. Empfangs- und Sendantennen leuchten jeweils eng begrenzte Gebiete aus. Ein aus einer bestimmten Richtung ankommendes Signal kann durch eine Transpondermatrix wahlweise einem oder mehreren Sendetrakten zugeführt und über an diese angeschlossene Spot-Beam-Antennen den gewünschten begrenzten Empfangsgebieten zugestrahlt werden. Dadurch wird vermieden, daß Signale in nicht gewünschte Richtungen gelangen, und in diesen Richtungen werden die entsprechenden Kapazitäten für andere Übertragungen frei.

2.5.2. Mehrfachausnutzung der Frequenzbereiche

Die Anwendung von Spot-Beam-Antennen kommt auch einer Mehrfachausnutzung gleicher Frequenzbereiche durch einen Satelliten entgegen [4], [6]. Eine solche Mehrfachbelegung ist nur dann möglich, wenn gegenseitige

Tabelle 1

Regionale Nachrichtensatellitensysteme und -projekte

Land/Gemeinschaft	Satellitentypen	Inbetriebnahme	Charakteristik
Realisierte Projekte			
UdSSR	MOLNIJA 1, 2, 3	1965	nationale Rundfunk- und Fernsehprogrammverteilung, Fernsprech- und Fernschreibverkehr, Faksimiliübertragung bisher (Stand 20. 4. 1975) 43 Satelliten, etwa 50 Bodenstationen
USA	WESTAR	1974	nationale Nachrichtenübertragungen,
Kanada	ANIK	1973	2 Satelliten, je 9600 FS-Kanäle wie Westar, jedoch für Kanada
Zukunftsprojekte			
USA	RCA-Satelliten ATT-Satelliten CTE-Satelliten	} ab 1975	nationale Domsat-Systeme wie Westar
ESRO	ECS		
ESRO	OTS	1977	regionales, westeuropäisches Kommunikat.-system, das 1980–1990 zu erwartenden Bedarf an Übertragungskäufen für Telefonie und Fernsehen befriedigt, Experimentalsatellit für ECS, mit dem geplante Systemparameter und nachrichtentechnische Übertragungseinrichtungen für ECS getestet werden
Algerien	Intelsat 4 (1 Transponder auf Mietbasis)	1975	Kommunikation zwischen den entlegenen Bergbau-, Touristen- und Handelszentren der Sahara sowie Wohnsiedlungen
Indonesien	Eigensatellit amerikanischer Produktion (ähnlich WESTAR und ANIK)	1976	14 Bodenstationen nationales Kommunikationssatellitensystem Satellit ähnlich WESTAR/ANIK 1 Hauptkontrollstation, 9 Bodenstationen
Brasilien	Intelsat 4 (1 Transponder auf Mietbasis)	1975	nationales Kommunikationssatellitensystem vorrangig für Verbindungen Amazonas-Gebiet mit dem Mittelwesten des Landes
	Eigensatellit (noch nicht spezifiziert)	1977	
Arabische Staaten	Arcomsat	1978 (?)	Fernmeldesatellit für Nachrichten-, Bildungsprogramm- und Fernsehübertragungen zwischen 14 arabischen Staaten
Australien Argentinien Iran England	} noch nicht spezifiziert	1976	Experimentalsatellit für ein Regionalsystem für Großbritannien (dient gleichzeitig als Verkehrsfunksatellit für die Schifffahrt) 2 Satelliten für nationale Fernsehprogrammübertragung sowie kommerziellen Nachrichtenverkehr
Japan			

Störungen der Nutzsignale ausgeschlossen sind, d. h. eine hinreichende „Entkopplung“ gewährleistet ist. Hierzu kommen zwei Verfahren in Betracht, die Winkelentkopplung und die Polarisationsentkopplung. Bei der Winkelentkopplung werden gleiche Frequenzen über verschiedene Spot-Beam-Antennen eines Satelliten in stark unterschiedliche Richtungen abgestrahlt. Für die Anwendung dieser Technik ergeben sich umso günstigere Voraussetzungen, je höhere Frequenzen genutzt werden, da bei gleichen Systemabmessungen der Öffnungswinkel des Antennendiagramms der Frequenz umgekehrt proportional ist, gleichzeitig der Antennengewinn steigt und sich damit die Leistungsbilanz verbessert [6]. Bei der Polarisationsentkopplung wird die gleiche Frequenz mit unterschiedlicher Polarisation mehrfach genutzt. Man hofft damit, gleiche Frequenzen auch in einem Ausleuchtgebiet mehrfach belegen zu können. Beide Techniken stellen nicht nur an den Satelliten, sondern auch an die Bodenanlagen erhöhte Anforderungen.

2.5.3. Digitale Sprachinterpolation

Eine weitere Methode zur rationelleren Nutzung von Satelliten-Übertragungskapazitäten stellt die digitale Sprachinterpolation (DSI) und Gesprächssynthese dar, die insbesondere für die Übertragung von Ferngesprächen und Fernschreiben sowie Datenübertragungen von Interesse ist. Hierbei werden die statistisch verteilten Übertragungspausen, bei Ferngesprächen die Sprechpausen, die z. B. auch dadurch eintreten, daß nie von beiden Seiten aus gleichzeitig gesprochen wird, dazu genutzt, automatisch zusätzliche Signale durch Einschalten zu übertragen. Diese Zusatzsignale können vorher gespeichert und bei vorhandenen Pausen automatisch mit erhöhter Geschwindigkeit übermittelt werden. Auf diese Weise können beispielsweise Datenübertragungen in Fernsprechverbindungen eingeschachtelt werden. Von der Anwendung dieser Technik wird eine Verdopplung der Leistungsfähigkeit eines Bündels erwartet [2].

2.5.4. Verbindungen zwischen Satelliten

Derzeitige Nachrichtensatellitensysteme arbeiten ausschließlich mit Verbindungen Erde – Satellit – Erde. Für künftige Systeme werden Satellit-Satellit-Verbindungen zunehmende Bedeutung erlangen, einmal zur Vermeidung zu hoher Signallaufzeiten bei Verbindungen über mehrere Satelliten [6], zum anderen zum Zweck direkter Funkverbindungen zwischen verschiedenen Nachrichtensatellitensystemen [4]. Die letztgenannte Technik, in bisherigen Planungen kaum berücksichtigt, dürfte beispielsweise für Rundfunksatelliten von Bedeutung sein, denen von Fernmeldesatelliten internationale Programme direkt zuge-

strahlt werden, d. h. ohne den heute üblichen und notwendigen Umweg über eine Erdefunkstelle. Hierdurch würde zweifellos auch eine gewisse Entlastung der Frequenzbänder eintreten. Da sich Satellit-zu-Satellit-Verbindungen außerhalb der dämpfenden Atmosphärenschichten abspielen, sind dabei sehr hohe Frequenzen bis in den Lichtwellenbereich hinein (Laserstrahlung) anwendbar.

3. Schlußbemerkung

In den vorstehenden Ausführungen wurden einige Probleme, Aspekte und Tendenzen der künftigen Entwicklung der Nachrichtensatellitentechnik behandelt, ohne daß damit ein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden sollte. Die Entwicklung der Nachrichtensatelliten wird trotz ihres heute schon hohen Standes auch in den kommenden 10 Jahren eine progressive Tendenz zu verzeichnen haben, wie sie im ersten Jahrzehnt bereits registriert wurde. Durch Indienststellung zahlreicher neuer und erweiterter Systeme ist zu erwarten, daß die Mehrzahl der heute üblichen Funkdienste in Zukunft aus der Nachrichtensatellitentechnik Nutzen schöpfen wird.

Literatur:

- [1] Prager, W.: Stütze im Nachrichtennetz, elektroniztg., 13 (1975) 6, S. 18. — [2] Wiefelspütz, F.: Internationale Funkverbindungen über Sa-Satelliten, NTZ, 26 (1973) 8, S. 365–368. — [3] O. V.: Satellitensystem für weltweite Kommunikation, NTZ, 28 (1975) 2, S. K 50 bis K 53. — [4] Naumann, H. D.: Nachrichtensatellitensysteme — Stand und Entwicklungstendenzen, Fliegerjahrbuch 1976, VEB transpress Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1975 (im Druck) — [5] Naumann, H. D.: Funkverkehr über Nachrichtensatelliten, Fliegerjahrbuch 1974, S. 47 bis 54, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin. — [6] Stösser, W.: Stand und Zukunft der Nachrichtensatelliten, VDE-Fachberichte, 27 (1972), S. 180–185. — [7] Naumann, H. D.: Das Test- und Experimentalprogramm des Nachrichtensatelliten ATS 6, Astronomie und Raumfahrt, Heft 4/1975. — [8] Mielke, H.: Lexikon Raumfahrt, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin 1970. — [9] O. V.: Ein Nachrichtensatellitensystem für die Sahara, das elektron, Heft 23–24/1974, S. 398. — [10] O. V.: Kurzbericht in Fliegerrevue, Heft 11/1974, S. 484. — [11] Götze, H.: Die Weltraumfunkverwaltungs-konferenz des Internationalen Fernmeldevereins (UIT) in Genf, radiofernsehen-elektronik, 20 (1971) 24, S. 789–791. — [12] Naumann, H. D.: Fernsehdirektempfang von Satelliten, Astronomie und Raumfahrt, Heft 6/1973, S. 184–190.

Kurzberichte

Nova Cygni

Am Abend des 29. August 1975 leuchtete im Sternbild Schwan eine Nova auf, die sich in kurzer Zeit zum zweit hellsten Stern des Schwans entwickelte. Bei der enormen Helligkeit des Objektes und seinem Ort am Himmel in einem sehr bekannten Sternbild gibt es mehr als 100 Amateur- und Berufsastronomen, die den Neuen Stern unabhängig voneinander entdeckten. Die erste bekannte registrierte Entdeckung wurde aus Japan gemeldet. In kurzen Abständen folgten dann mit dem westwärts wandernden Sonnenuntergang weitere Nachweise für das interessante Objekt. In der DDR gehören die Astronomen Dr. G. Richter und W. Götz von der Sternwarte Sonneberg des Zentralinstituts für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR zu den ersten Entdeckern der Nova Cygni.

Novae, d. h. Neue Sterne, wurden früher — wie der Name schon sagt — für neu entstehende Objekte gehalten, die es vor dem Sichtbarwerden nicht gegeben hat. Heute weiß man, daß das nicht stimmt. Novae sind explodierende Sterne, die durchaus schon vor ihrem hellen Aufleuchten vorhanden sind, aber als sehr unscheinbare Himmelskörper. Die explosive Phase führt bei den Novae zu Helligkeitssteigerungen um 7 bis 16 Größenklassen. Diese enorme Helligkeitssteigerung ist eine Folge der Temperaturerhöhung in den äußeren Schichten des Sternes. Da der Stern sich in der explosiven Phase auflöst, wird auch seine leuchtende Oberfläche vergrößert, was ebenfalls eine Leuchtkraftsteigerung bedeutet. Ein Teil der äußeren Schichten des Sternes wird in den interstellaren Raum abgeblasen.

Man unterscheidet schnelle Novae, das sind Objekte mit einem raschen Helligkeitsanstieg und auch einem schnellen Abstieg — in 100 oder weniger Tagen um etwa 3 Größenklassen — von der Maximalhelligkeit. Langsame Novae zeigen eine Abnahme der Maximalhelligkeit um etwa 3 Größenklassen in 150 oder mehr Tagen. Novae sehr lang-

samer Entwicklung verweilen lange, oft Jahre, im Maximum.

Wenn man die Nova vom August 1975 unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, sieht man sofort, daß man in jeder Hinsicht einen Sonderling mit extremen Charakteristika vor sich hat. Die Amplitude beträgt 19 bis 20 Größenklassen, liegt also schon im Bereich der Supernovae. Die Schnelligkeit der Entwicklung ist bisher unerreichter Rekord. Innerhalb eines Tages erreichte dieser „Neue Stern“ seine Maximalhelligkeit von 1,0 Größenklassen im Visuellen und fiel dann mit dem gleichen Tempo wieder ab. Bereits nach 10 Tagen war die Nova mit dem bloßen Auge nicht mehr sichtbar, hatte also um 4 Größenklassen an Helligkeit verloren.

Die Spektralaufnahmen zeigen typische Merkmale für Novae. Während in den ersten Tagen kaum Emissionen auftreten, ist das Spektrum später praktisch nur noch durch Emissionen, z. B. der Balmerlinien des Wasserstoffs, charakterisiert. Den breiten Emissionslinien sind Strukturen, die von verschiedenen Materieausstößen herrühren können, und Absorptionslinien überlagert. Bereits in den ersten Spektren treten die H- und K-Linie des einfach ionisierten Kalziums in Absorptionslinien deutlich hervor. Diese Linien werden dem Novaspektrum durch die interstellare Materie aufgeprägt.

Dr. S. MARX

Beobachtung heller Meteore

Besondere Himmelserscheinungen rufen immer wieder das Interesse von Amateur- und Berufsastronomen hervor,

oft aber auch von Menschen, die sich zuvor gar nicht für astronomische Fragen interessiert haben. So sind helle Kometen, aber ganz besonders helle Meteore Grund von Anfragen an Sternwarten oder Mitteilungen über die Beobachtungen derartiger Objekte an Sternwarten und Zeitschriften. Auch die Redaktion von „Astronomie und Raumfahrt“ erhält eine ganze Reihe von Mitteilungen über die Beobachtung heller Meteore mit der Bitte, diese zu veröffentlichen. Zwei solcher Beispiele sind unter der Rubrik „Junge Amateure“ wiedergegeben.

Beobachtungen von sehr hellen Meteoren (Feuerkugeln) sind wichtig, und die Redaktion unserer Zeitschrift bittet alle Leser, ihre Beobachtungen einzusenden. Aus den Informationen sollte hervorgehen:

- Datum der Erscheinung und genaue Uhrzeit
- Beginn der Meteorspur am Himmel und Ende der Spur am Himmel, gegeben in Azimut und Höhe (Beispiel Kirsch), oder Rektaszension und Deklination, oder durch markante Himmelskörper (Beispiel Senf)
- Helligkeit des Objektes in Größenklassen (Beispiel Kirsch) oder als Vergleich zu einem markanten Himmelskörper (Beispiel Senf)
- Dauer der Erscheinung und Farbe der Erscheinung
- Besonderheiten wie z. B. Aufspaltung der Spur, Geräusche, Nachleuchten der Bahnspur und ähnliches.

Von der Redaktion ist dann vorgesehen, diese Einsendungen zu sammeln und jeweils in einem bestimmten Heft des Jahres über die hellen Meteoreerscheinungen in einem geschlossenen Beitrag zu berichten. Dabei kommt jede Einzelercheinung besser zur Geltung und geht nicht so leicht als sehr kurze Einzelmittteilung von nur wenigen Zeilen verloren.

Dr. S. MARX

Junge Amateure

Beobachtung der Nova im Schwan

Am 20. 8. 1975 um 21^h30^m MEZ konnte ich im Sternbild Schwan einen Stern beobachten, den ich noch nie zuvor dort gesehen hatte. In verschiedenen Sternatlanten sah ich nach, aber in keinem war an der betreffenden Stelle etwas derartiges eingetragen. Als ich gegen 3^h des folgenden

Morgens noch einmal beobachtete, konnte ich keine Orts- oder Helligkeitsveränderung wahrnehmen.

Die Koordinaten des Objektes: (1950)

Rektaszension 21^h08^m

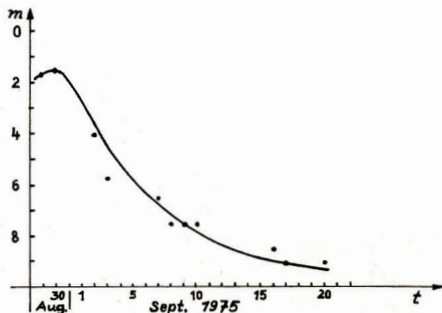
Deklination +47°55'

Seine Helligkeit betrug etwa 1^m75...2^m.

Dies teilte ich sofort der Sternwarte Suhl mit, von der ich auch bald Antwort erhielt. Mein Verdacht, daß es sich bei dem beobachteten Objekt um eine Nova oder Supernova handelt, bestätigte sich. Meine Beobachtungen führte ich mit einem Feldstecher 8 × 30 aus.

Abb. 1:

Lichtkurve der Nova im Sternbild Schwan



Bei der weiteren Beobachtung der Helligkeit der Nova ergaben sich nach der Argelanderschen Stufenschätzmethode (verglichen mit dem Stern 63 f₂ Cyg m = 4^m88) folgende Werte, die ich in einer Lichtkurve (Abb.) darzustellen versuchte:

29. 8. 1975	1 ^m 5...2 ^m
30. 8. 1975	1 ^m 5
2. 9. 1975	4 ^m
3. 9. 1975	5 ^m 5...6 ^m
7. 9. 1975	6 ^m 5
8. 9. 1975	7 ^m 5
9. 9. 1975	7 ^m 5
10. 9. 1975	7 ^m 5
16. 9. 1975	8 ^m 5
17. 9. 1975	~9 ^m
20. 9. 1975	~9 ^m

KERSTIN REICHENBÄCHER
(Schülerin)

Feuerkugel gesehen

Datum: Montag, 8. September 1975
Uhrzeit: 23.12 Uhr
Anfangspunkt: 3° östlich von M 31
Endpunkt: zwischen Atair und θ in Aquila
Dauer: 3 Sekunden
Helligkeit: wie Wega, 0 Größenklassen,
Form: kugelförmig, gelb, mitellender Schweif,
nachleuchtende Spur (8 Sekunden),
Schall nach 15 Sekunden (Dauer 4 Sekunden).

GÜNTHER SENF

Beobachtung eines hellen Meteors

Am 25. 4. 75 beobachtete ich eine sehr auffällige Leuchterscheinung. Die Daten der Beobachtung sind:

Ort:	Jena Zentrum 11°36' ö. L. 50°56' n. B.
Zeit:	20.54 Uhr MEZ
Bahnlage:	Azimut Höhe
	Beginn 50° 25°
	Ende 100° 10°

Helligkeit: - 8^m... - 10^m
Dauer: (10 ± 0,5) sec
Schweiflänge: etwa 10°
Farbe: in der Mitte rötlich, am Rand türkis
Geräusche: keine wahrgenommen

Ein Aufruf in der Tageszeitung sowie Anfragen an verschiedene Sternwarten erbrachten eine große Fülle von Informationen. Dafür möchte ich an dieser Stelle meinen Dank ausdrücken. Im folgenden sei ein kurzer Überblick über den Flug des Meteors gegeben: Der Beginn der Leuchterscheinung war über der Schweiz in einer Höhe von etwa 180 km. Nach Überfliegen des Schwarzwaldes, der Vogesen, des Rheinischen Schiefergebirges und der unteren Rheinebene explodierte der Feuerball in etwa 17 km Höhe über dem Nordostpolder, einem trockengelegten Teil des Ijssel-sees. Die gesamte Dauer der Erscheinung betrug etwa 20 Sekunden, was zu einer mittleren Geschwindigkeit von 35 km pro Sekunde führt. Es ist möglich, daß Reste des Meteoriten die Erde im Süden von Friesland erreichten. Es wurden bereits von holländischen Astronomen Suchexpeditionen durchgeführt. Es wurde nichts gefunden, aber man kann hoffen, daß weitere Bemühungen von Erfolg begleitet sind.

KARSTEN KIRSCH

Amateure beobachten und berichten

Ausschöpfen des Informationsinhaltes von Amateur-Astroaufnahmen durch Kontrastverstärkung

HANS-JOACHIM BLASBERG

Anlässlich des 1971 vom ZFA in Dresden veranstalteten Seminars über Planetenbeobachtungen berichtete Dipl.-Astronom Bartl über das am Karl-Schwarzschild-Observatorium in Tautenburg von Dr. Högner erprobte Verfahren zur Kontraststeigerung astronomischer Himmelsaufnahmen. Dadurch angeregt, wurde versucht, das Verfahren auch für Amateur-Astroaufnahmen anzuwenden. Über die damit erzielten Ergebnisse soll hier berichtet werden.

Angewandte Technik zur Kontrastverstärkung

Es wurde das Verfahren so angewandt, wie es Dipl.-Astr. Bartl in Dresden vortrug. Das Originalnegativ wird mit Hilfe eines Kopierlichtkastens oder Kopierrahmens im Kontaktverfahren auf FU 5-Film umkopiert. Man erhält so zunächst ein Positiv. Von diesem Positiv, das später gut als Dia verwendet werden kann, macht man anschließend erneut eine Kontaktkopie auf FU 5-Film und hat nun ein Zweitnegativ, von dem die Papiervergrößerungen gemacht werden können.

Das Zwischenpositiv und Zweitnegativ sind wie folgt zu entwickeln: Entwickler R 09, verdünnt 1:100, Entwicklungszeit 30 Minuten bei 18 Grad. Versuche mit dem Entwickler MH 28 bei gleicher

Verdünnung und Entwicklungszeit ergaben keine merkbar anderen Ergebnisse. Wichtig ist es, daß der Film zum Entwickeln in die Entwicklerschale nur eingelegt und während des Entwickelns nicht bewegt wird, wie das sonst üblich ist. Die Kontrastverstärkung entsteht, indem durch Diffusion des Entwicklers der Entwicklungsvorgang an den mehr und an den weniger belichteten (geschwärzten) Filmstellen unterschiedlich wirkt. Die Weiterbehandlung (Fixieren und Wässern) geschieht wie bei anderen Filmen. Alle Bäder sollen eine Temperatur nahe 18 Grad haben.

Der FU 5-Film ist ein fototechnischer Film, der als Planfilm in den üblichen Formaten ab 9×12 geliefert wird. Er ist zeitweise in Fotofachgeschäften (Zeiss-Industrieladen Berlin Alexanderplatz) erhältlich. Sonst muß er über ein Fachgeschäft oder das Versorgungskontor Chemiehandel bestellt werden.

Der Film ist sehr unempfindlich und läßt sich daher gut bei verhältnismäßig heller gelbgrüner Dunkelkammerbeleuchtung (Filter ORWO 113) verarbeiten. Die gewünschten Filmstücke kann man sich leicht zuschneiden.

Die richtigen Belichtungszeiten für die Kontaktkopien sind durch Versuche zu ermitteln. Dabei ist darauf zu achten, daß möglichst viele Feinheiten (Zwischentöne) der Schwärzung des Originalnegativs erhalten bleiben und nicht — wegen zu starkem Kontrast — beim Umkopieren verloren gehen.

Bei den Arbeiten ist auf größte Sauberkeit zu achten, da jede Stauffaser ihre Spuren hinterläßt. Um Newtonsche Ringe zu vermeiden, ist als Auflagefläche im Kopiergerät eine Mattglasscheibe zu verwenden.

Ergebnisse der Versuche

Welchen Erfolg die Kontrastverstärkung bei astronomischen Amateuraufnahmen hat, zeigen die Abbildungen (Bildseiten I und II). Die Wirkung ist teilweise verblüffend. Zwar werden die Bilder nicht in jedem Fall „schöner“, aber die im Negativ enthaltenen Einzelheiten werden deutlicher sichtbar gemacht. Das ist jedoch gerade für diesen Anwendungsfall das erstrebte Ziel.

Bei Mond- und Planetenaufnahmen hat sich das Umkopieren besonders bewährt, während es bei Nebel- und Kometenaufnahmen keinen Erfolg ergab. Bei Sternfeldaufnahmen trat ebenfalls eine Verbesserung ein. Die Vergrößerungen vom umkopierten Negativ zeigen sehr viel mehr Sterne deutlicher gegenüber der Vergrößerung vom Originalnegativ. Nicht in jedem Fall ist also eine Verbesserung eingetreten. Dabei ist zu betonen, daß die Kontrastverstärkung kein Aufbesserungsmittel für schlecht gelungene Aufnahmen sein kann. Das Verfahren kann nicht den Informationsinhalt eines Negativs erhöhen, es kann ihn nur deutlicher erkennbar machen und ihn voll ausschöpfen. Voraussetzung ist also unbedingt eine Mindestqualität des Originalnegativs.

Bildbesprechung

Mondaufnahmen:

Die Wirkung der Kontrastverstärkung ist besonders bei Aufnahmen der schmalen Mondsichel und bei Aufnahmen von Oberflächeneinzelheiten vorhanden. Aufnahmen späterer Mondphasen wurden nach der Kontrastverstärkung zu hart. Diese Beurteilung bezieht sich auf das von mir benutzte Aufnahmeinstrumentarium. Bei kleineren Öffnungen kann das Ergebnis vielleicht ein anderes sein.

Die Fotos der Mondphasen sind Fokalaufnahmen, die teils am Refraktor 250/3750 der Sternwarte M. v. Ardenne und teils an meinem selbstgeschliffenen Cassegrain 210/3000 gemacht wurden. Für alle Aufnahmen wurde NP 15 Rollfilm oder Kleinbildfilm verwendet. Die Aufnahmen der Oberflächeneinzelheiten sind alle mit Okularprojektion (Orth. Okular 16 mm) am Refraktor 250/3750 gemacht. Die Anordnung ergab eine Äquivalentbrennweite von 11 m.

Planetenaufnahmen:

Sie wurden ebenfalls am Refraktor der Sternwarte M. v. Ardenne mit Okularprojektion (Äquivalentbrennweite 11 m) auf NP 15 Kleinbildfilm gewonnen. Die Wirkung der Kontrastverstärkung ist besonders bei den Marsaufnahmen beeindruckend. Das Originalnegativ ist nur 1,6 mm groß. Was die Optik in diesem winzigen Filmstückchen an Informationen abgebildet und die Filmemulsion eingespeichert hat, ist bewundernswert.

Erfolglos dagegen waren bisher die Versuche, bei Saturnaufnahmen durch Kontrastverstärkung einen Gewinn zu erzielen. Auch bei Jupiteraufnahmen ist noch kein befriedigendes Ergebnis gelungen. Eine Kontrastverbesserung ist zwar eingetreten, jedoch sind die Details nicht besser erkennbar geworden. Wegen des kräftig mitverstärkten Filmkornes waren die Bilder besonders „unschön“ geworden. Hier müssen erst weitere Versuche einen Erfolg nachweisen.

Sternfeldaufnahmen:

Als Beispiel dafür wurde eine Aufnahme der Plejaden gewählt. Sie ist auf Astroplatte ZU 2 (Belichtung 20 min) mit meiner selbstgeschliffenen Schmidtamera 140/200/430 gemacht. Die Plejadennebel erscheinen zwar kontrastverstärkt, jedoch gehen natürlich alle Feinheiten der Nebelstruktur, die auf dem Originalnegativ gut erkennbar sind, verloren. Hier kann die Kontrastverstärkung keinen Gewinn bringen. Dagegen ist die Anzahl der deutlich erkennbaren Sterne nach der Kontrastverstärkung sehr viel größer geworden.

Schlußbemerkungen

Es wurde über die Erfahrungen berichtet, wie mit dem angewandten Verfahren zur Kontrastverstärkung der Informationsinhalt unserer oft erst nach viel Mühe und Geduld gelungenen Himmelsaufnahmen besser ausgeschöpft werden kann. Es soll nicht verschwiegen werden, daß die Nachbehandlung des Originalnegativs in der Dunkelkammer eine weitere zusätzliche Mühe ist, die manchmal auch erst nach einigen Versuchen den gewünschten Erfolg hat. Daß diese Mühe sich trotzdem in den ausgewählten Fällen lohnt, sollten die Abbildungen nachweisen.

Selbsterstellung von Modellen für Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen

GERHARD IHLOW

Dem Prinzip von der Anschauung als dem Fundament aller Erkenntnisse gerecht zu werden, bereitet dem Unterrichtenden bei der Fülle der heute im Angebot stehenden Lehrmittel kaum noch Schwierigkeiten. Es gibt jedoch Teilgebiete der Naturwissenschaft, die sich einer unmittelbaren Anschauung deshalb entziehen, weil die Dimensionen der zu untersuchenden Objekte Extremwerte darstellen; dazu gehören vor allen Dingen die Kernphysik und die Astronomie. Vielfach reicht in diesen Wissenschaften auch unser Vorstellungsvermögen nicht aus, die durch Beobachtungen und Berechnungen ermittelten Werte zu erfassen, da eine Vergleichsmöglichkeit mit Größen aus unserem Erfahrungsbereich fehlt. Um in diesen Fachgebieten trotzdem anschaulich arbeiten zu können, bedienen wir uns der unterschiedlichsten Modelle, von denen wir von vornherein wissen, daß mit ihrer Hilfe exakte Aussagen nur über ganz bestimmte Eigenschaften eines Objektes auf Kosten anderer, in diesem Zusammenhang weniger wichtig erscheinender gemacht werden können.

Einige Modelle und Lehrmittel, die der Veranschaulichung in astronomischen AG und FG dienen, sollen im folgenden vorgestellt werden.

1. Modell zur räumlichen Darstellung von Sternbildern

Das in Abb. 1 abgebildete Modell ist eine Weiterentwicklung des in Heft 2/1974 der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ vorgestellten und bezüglich seiner Herstellung erläuterten. Abb. 2 zeigt die Zeichnung von Grundplatte und Rückwand des Modells. Neu gegenüber der erwähnten Erstanfertigung sind hier die radiale Darstellung der von den Sternen des Sternbildes „Großer Wagen“ ausgehenden Strahlen zum Auge des sich in entsprechender Entfernung befindlichen Betrachters, der auf die Grundplatte gezeichnete Durchmesservergleich zwischen den Einzelobjekten des Sternbildes sowie die ebenfalls dort aufgenommene Tabelle über ihre Leuchtkraft und Helligkeit. Letztere sind dem Buch „Der Sternhimmel“ von Dr. Klaus Lindner entnommen.

2. Flachmodell zur Veranschaulichung der Finsternisse mit dem Tageslichtschreibprojektor Polylux

Durch Tafelbild und entsprechende Lehrbuchabbildungen kann das Zustandekommen von Sonnen- und Mondfinsternissen einwandfrei geklärt und mit Hilfe eines Telluriums anschaulich demonstriert werden. Wie aber erlebt der Beobachter diese Phänomene in der Natur? Mit etwas Karton und einigen Foliestücken läßt sich leicht ein Modell herstellen, das es gestattet, die unterschiedlichen Möglich-

Abb. 1

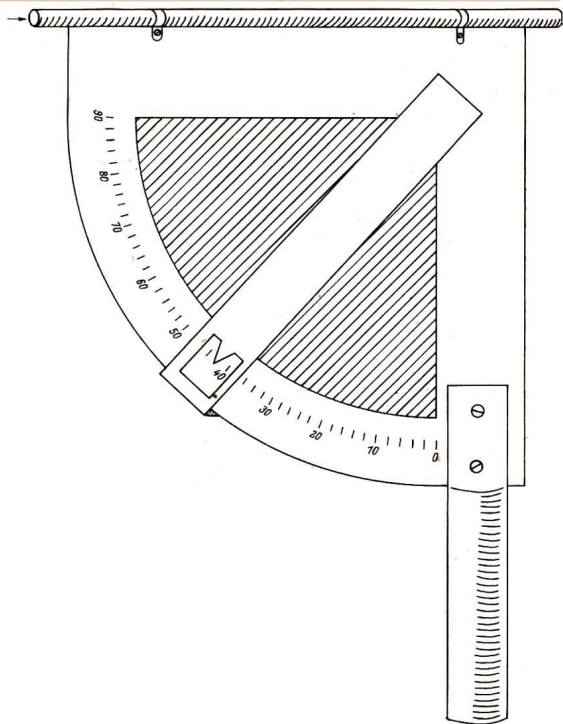
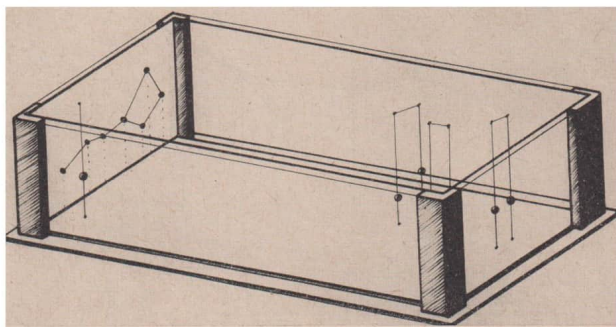


Abb. 8

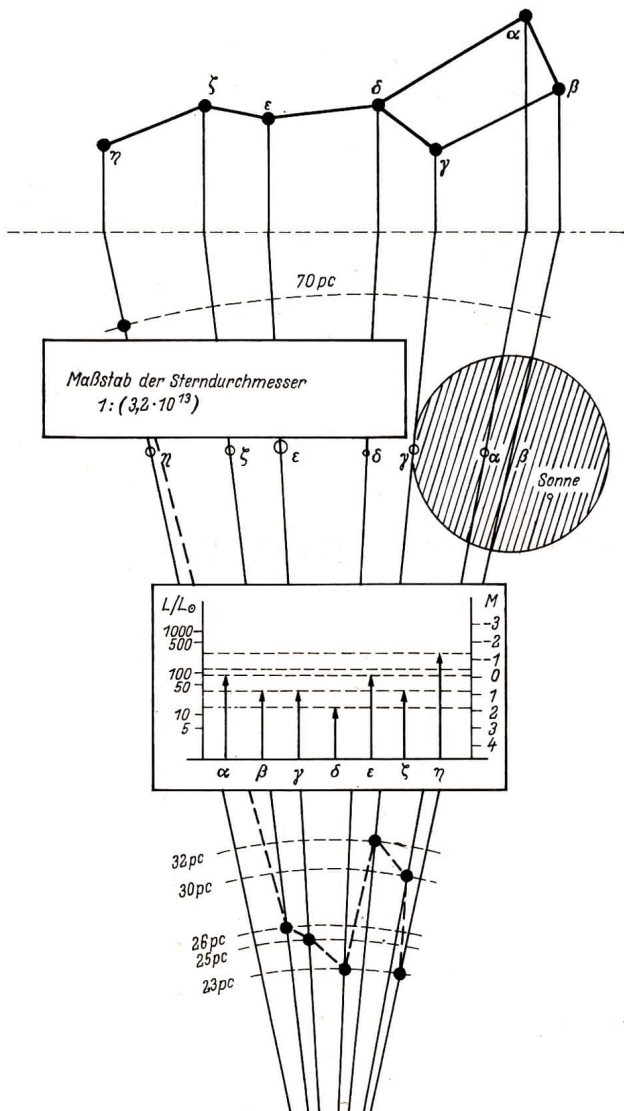


Abb. 2

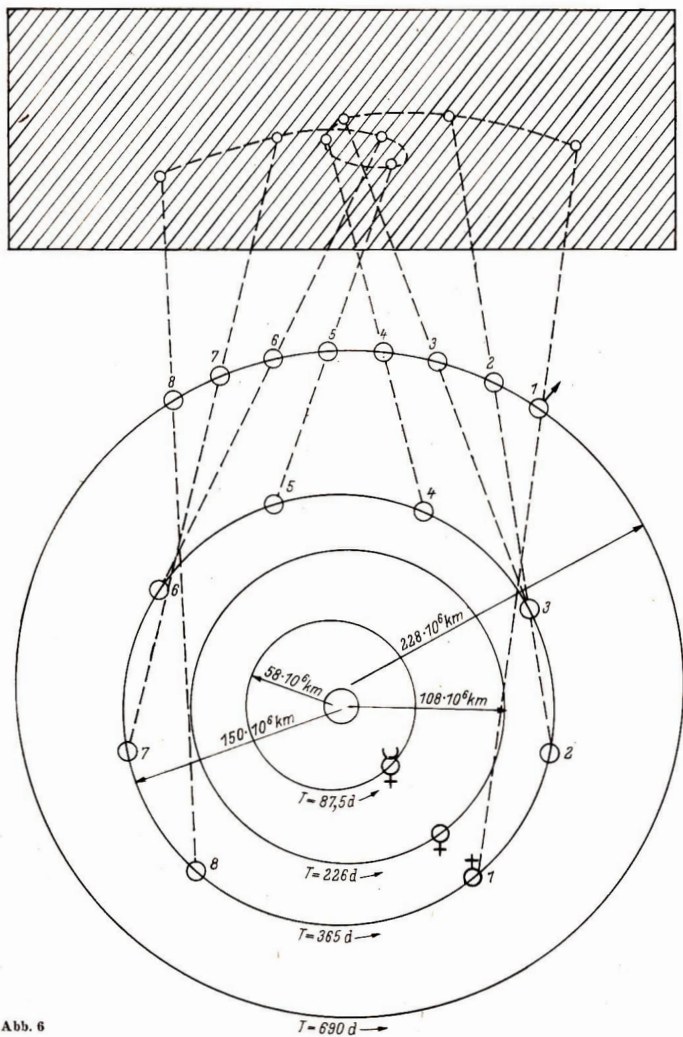


Abb. 6

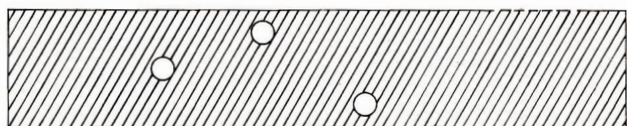


Abb. 5a

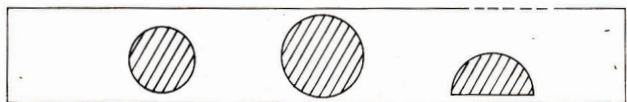


Abb. 5b

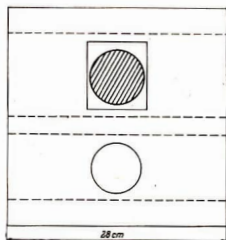


Abb. 3

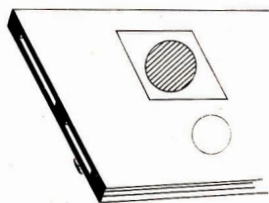


Abb. 4



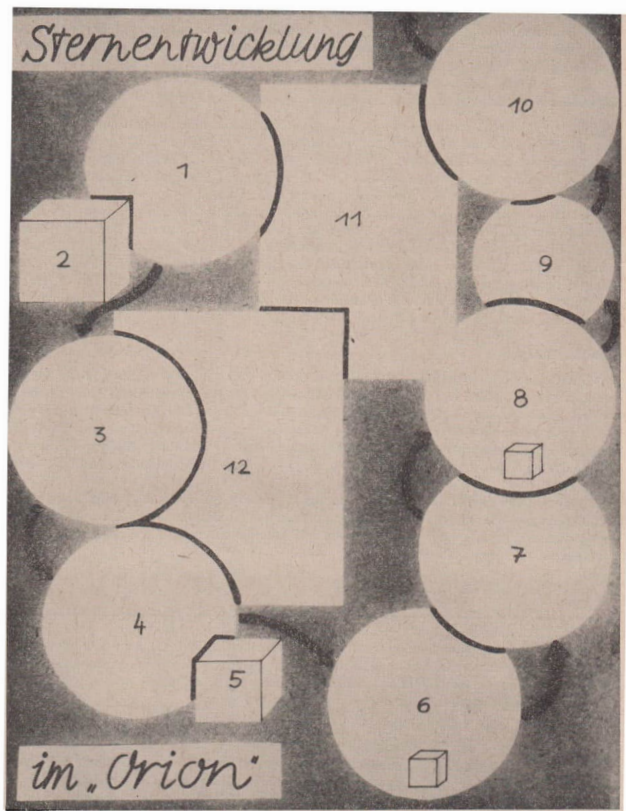
Abb. 7a



Abb. 8b

keiten des Vorüberganges des Mondes vor der Sonnenscheibe visuell genau so zu verdeutlichen, wie auch die verschiedenen Möglichkeiten des Monddurchganges durch den Schatten der Erde.

Zwei Kartons in der Größe einer Polyluxschablone erhalten an gleicher Stelle die in Abb. 3 erkennbaren Ausschnitte: In der oberen Hälfte ein hochgestelltes Rechteck, in der unteren einen Kreis. Das Rechteck des einen Kartons wird mit einer farblosen Folie unterklebt, auf deren Mitte ein roter Foliekreis geklebt wird, das Modell des Erdschattens. Mit dazwischengelegten Kartonstreifen werden nunmehr die beiden ausgeschnittenen Kartons nach Abb. 4 so aufeinandergeklebt, daß unter den Ausschnitten Führungen zur Aufnahme der Foliestreifen entstehen.



Die Foliestreifen werden folgendermaßen hergestellt: Der Streifen nach Abb. 5a besteht aus blauer Folie, aus der an den aus der Zeichnung ersichtlichen Stellen die Farbschicht entfernt und durch kreisförmig ausgeschnittene gelbe Folie ersetzt wurde. Wird dieser Streifen bei eingeschaltetem Lichtschreiber unter dem Rechteck durch die Schablone gezogen, so sind auf dem Bildschirm nacheinander eine totale und zwei mögliche partielle Mondfinsternisse zu sehen. Es muß darauf geachtet werden, daß der den Erdschatten darstellende Kreis zum Modellmonddurchmesser im richtigen Verhältnis steht.

Der Streifen nach Abb. 5b wird mit Kreisen aus blauer Folie beklebt, die unterschiedliche Durchmesser haben und deren Zentren unterschiedlich hoch angeordnet sind. Beim Durchschieben dieses Streifens durch die untere Führung der Schablone erscheinen auf dem Bildschirm nacheinander eine ringförmige, eine totale und eine partielle Mondfinsternis.

Bei beiden Streifen sollte darauf geachtet werden, daß die seitlichen Abstände zwischen den den Mond darstellenden Kreisen groß genug sind, um ein gleichzeitiges Erscheinen zweier Monde auf dem Bildschirm zu vermeiden. Die jeweils nicht benötigte Schablone wird bei der Projektion zweckmäßig durch einen Karton abgedeckt.

3. Gerät zur Darstellung der Planetenschleifen

Das Gerät, für eine Manipermtafel vorgesehen, verzichtet auf alle mechanischen Teile wie Zahnräder, Wellen, Hebel usw. und ist daher wenig störanfällig.

Es besteht aus einem Zeichenkarton, der entsprechend der Abb. 6 graphisch gestaltet und mit Manipermstreifen hinterklebt wurde. Ferner benötigt man ein Manipern-Haftplättchen mit Gummifaden, an dessen anderem Ende ein Stück Kreide befestigt ist.

Zur Darstellung einer Planetenschleife wird der vorbereitete Zeichenkarton an eine Manipermtafel geheftet. Der Magnet wird auf der gezeichneten Erdbahn von Datum zu Datum geführt, wobei die Kreide mit der anderen Hand gleichzeitig so geführt wird, daß der gespannte Gummifaden das jeweils gleiche Datum auf der Marsbahn überstreicht. Die Kreidepunkte an der Tafel ergeben die projizierten Marspositionen an einer gedachten Himmelskugel. Um die Planetenschleife in der gewollten Form zu erhalten, empfiehlt es sich, die Schleife vor der Demonstration bereits dünn im Ausschnitt des Kartons auf der Tafel vorzuzeichnen.

4. Winkelmeßgeräte

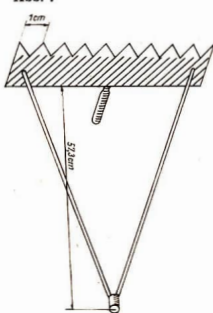
Aus Sperrholz wurde entsprechend Abb. 7 ein Kamm gesägt, dessen Spitzen je ein Zentimeter voneinander entfernt sind. Der Kamm selbst ist schwarz, die Spitzen sind mit gelber Leuchtfarbe gestrichen, wodurch das Gerät auch in der Nacht einsetzbar ist. Der Kamm wurde mit einem Haltegriff versehen und über zwei starke Messingdrähte so mit einem Gummistück verbunden, daß die Entfernung Kamm-Gummiende 57,3 cm beträgt. Der Gummi wird unter das visierende Auge an das Jochbein gelegt. In der angegebenen Entfernung entsprechen die Spitzenabstände des Kamms dann je ein Grad.

Der Quadrant nach Abb. 8 besitzt eine Leuchtfarben-Gradeinteilung. Das aufgesetzte Rohr mit dem Fadenkreuz gestattet ein recht genaues Anvisieren der Objekte. Das aus Plast gefertigte, unten um den Quadranten gewinkelte Pendellot behält bei leichter Schrägstellung seine senkrechte Lage bei und gestattet ein müheloses Ablesen.

5. Anschauungstafel zur Sternentwicklung

In Heft 1/1972 der Zeitschrift „Astronomie in der Schule“ findet man einen Artikel von W. Büttner mit dem Titel „Sternbild Orion – Stätte der Sternentstehung“, der geeignet ist, Grundlage für die Entwicklung einer entsprechenden Anschauungstafel zu sein. Die Tafel muß so angelegt sein, daß die unterschiedlichen Entwicklungsetappen der einzelnen Objekte des Orion in ihrer Dynamik verdeutlicht werden können. Dazu bietet sich die Arbeit mit der Manipermtafel an, die es gestattet, die einzelnen Entwicklungsphasen zeitlich nacheinander anzubringen.

Abb. 7



Zuerst erscheint an der Tafel das Sternbild Orion. Währenddessen berichtet der AG-Leiter, weshalb er gerade dieses Sternbild für die Illustration der Sternentwicklung ausgewählt hat. Das Bild des Orion-Nebels, das als zweites angelegt wird, ist Ausgangspunkt für den folgenden Vortrag. Während des Vortrages werden die Schrifttafeln, die das Wesentliche der einzelnen Entwicklungsetappen enthalten, in Kreisform nacheinander angefügt, bis am Ende das in Abb. 9 gezeigte Anschauungsbild vollständig ist. Auf diese Weise werden die AG-Teilnehmer mit dem Wesen der interstellaren Materie, dem der Molekülwolken und dem der Verdichtungen bekanntgemacht. Sie erleben in Zeitraffung die Entwicklung der Materie über Protosterne, T-Tauri-Sterne im Orion, zu den Trapez- und über sie zu den Gürtelsternen bis zu Bellatrix als einem der ältesten Objekte dieser Sternfamilie.

Unterstützt werden könnte dieser Vortrag durch ein parallel dazu zu entwickelndes HRD, wie es W. König in „Astronomie in der Schule“ in Heft 3/1973 vorstellte.

Bevor jedoch über dieses Thema in der AG gesprochen wird, sollte das Objekt bereits im Fernrohr beobachtet worden sein. Dabei gilt

es darauf zu achten, daß die Beobachtungsaufgabe schon so angelegt ist, die Fakten bereit zu stellen, die für die theoretische Erörterung bedeutungsvoll sind.

(Sicher lassen sich auch andere Artikel aus Zeitschriften in ähnlicher Weise für die Herstellung geeigneter Anschauungsmittel nutzen.)

Abschließend sei bemerkt, daß solche Modelle durchaus nutzbringend und das Interesse weckend bzw. fördernd bei öffentlichen Beobachtungsabenden an Volks- und Schulsternwarten eingesetzt werden können.

Textinhalte zur Anschauungstafel „Sternentstehung im Sternbild Orion“

Feld 1: Interstellare Materie

Elektronen, Atome, Ionen, Protonen, Moleküle.

Verhältnis Gas zu Staub wie 100:1

$T \approx 3 \text{ K}$ und $\rho \approx 10^{-27} \text{ g cm}^{-3}$; das bedeutet etwa 1 Atom pro cm^3

Feld 2: (Auf die Vorderseite des angedeuteten Würfels wird ein Ausschnitt einer Karte von Mitteleuropa geklebt, dessen Kantenlänge 1000 km entspricht. Auf der Deckfläche des Würfels steht:) 1 g interstellarer Materie hat ein Volumen von 10^9 km^3

Feld 3: Molekülwolken

enthalten folgende Verbindungen: H_2 , CH_3OH , CN , CS , HCN , H-COH (Reihenfolge entspricht der Häufigkeit)

$T \approx 10 \text{ K}$

Feld 4: Verdichtungen (Vorstufe einer Sternassoziation)

$T \approx 70 \dots 150 \text{ K}$; $\rho \approx 10^{-26} \text{ g cm}^{-3}$; $m \approx 1000 m_\odot$; $L \approx 10^5 L_\odot$ und $R \approx 10000 \text{ AE}$

Die Dichte entspricht zehn Atomen pro cm^3 , d. h., die Masse der Verdichtungen beträgt pro Erdvolumen etwa 10 kg

Feld 5: (Die Vorderseite des angedeuteten Würfels wird wieder mit einem Kartenausschnitt beklebt, der etwa ein Gebiet mit einer Kantenlänge von etwa 650 km zeigt. Auf der Deckfläche des Würfels steht:) 1 g interstellarer Materie in den Verdichtungen hat etwa ein Volumen von 10^8 km^3

Feld 6: Protosterne — Dunkelstrahler

Energiefreisetzung erfolgt durch Kontraktion

$T \approx 700 \text{ K}$; $\rho \approx 10^{-9} \text{ g cm}^{-3}$; $m \approx 6 m_\odot$; $R \approx 8 \text{ AE}$;

Alter etwa 10^3 Jahre

(Auf der Vorderseite des Würfels steht:) 1 g Masse entspricht etwa 10^3 m^3

Feld 7: T-Tauri-Sterne — Pulsationsveränderliche Überriesen

Dichte und Temperatur im Zentrum lassen noch keine Fusionsprozesse zu

Alter etwa $5 \cdot 10^3$ Jahre

Feld 8: Hellster „Trapez-Stern“

Energiefreisetzung erfolgt durch Fusionsprozesse

$T \approx 4 \cdot 10^4 \text{ K}$; $\rho \approx 10 \text{ g cm}^{-3}$; $m = 10 \dots 30 m_\odot$; $R \approx 40 R_\odot$; $L \approx 10^5 L_\odot$; Alter etwa $2 \cdot 10^4$ Jahre

(Auf der Vorderseite des Würfels steht:) 1 g Sternmasse entspricht etwa $0,1 \text{ cm}^{-3}$

Feld 9: Gürtelsterne

Alter etwa $5 \cdot 10^6$ Jahre

Feld 10: Bellatrix

$T \approx 30 \cdot 10^6 \text{ K}$; $\rho \approx 0,05 \text{ g cm}^{-3}$; $m \approx 15 m_\odot$; $R \approx 7 R_\odot$;

Sp.-Kl.: B2 — Leuchtkraft-Kl. III — Alter etwa $150 \cdot 10^6$ Jahre

Feld 11: Zeichnung des Sternbildes Orion (weiße Sterne auf dunklem Grund)

Feld 12: (Foto des Orion-Nebels und — auf weißem Schild — folgender Text:)

Entfernung $r \approx 500 \text{ pc}$; Durchmesser $D = 2 \dots 5 \text{ pc}$; Dichte in den hellsten Teilen etwa 10^4 Atome pro cm^3 ; Masse $m = 10^3 \dots 10^4 m_\odot$

(Um die inhaltlichen Unterschiede der Textfelder zu unterstreichen, können sie mit farbigen Folien überklebt werden, die einen etwas kleineren Durchmesser als die Felder haben sollten. Die Texte der einzelnen Felder können — bei neuen Informationen — erneuert werden, sofern diese Informationen dem Anliegen der Tafel dienen. Vor Überlastung mit zusätzlichen Informationen muß gewarnt werden.)

Bau eines Zenit- und Sonnenprismas

Der „Telemotor“ ist das verbreitetste Fernrohr in unserer Republik. Leider wurden für dieses Gerät bisher noch keine Zusatzteile ausgeliefert. Im folgenden wird ein Zenit- und Sonnenprisma beschrieben, welches an der Sternwarte Schneeberg gebaut wurde und sich am „Telemotor“ bewährt hat. Den prinzipiellen Aufbau zeigt die Abb. 1.

Beim Einsatz als Zenitprisma wird die Totalreflexion im Prisma ausgenützt. Bei der Sonnenbeobachtung erfolgt die Lichtschwächung durch die Reflexion an der Glasoberfläche. Da dieser reflektierte Strahl polarisiert ist, kann eine weitere Intensitätsverminderung des Lichtstrahls durch den Einbau eines Polarisationsfilters erfolgen. Ist eine sehr feinfühligke Abschwächung erforderlich, so erreicht man dies durch 2 gegeneinander drehbare Polarisationsfilter.

Wir verwendeten ein Prisma mit 45 mm Kantenlänge (Bestell-Nr. 1208 der Firma Kratzsch, 90 Karl-Marx-Stadt, Markt 1). In den Lehrmittelsammlungen der Schulen sind vielfach auch geeignete Prismen vorhanden.

Dieses Prisma wurde in ein kleines Gehäuse eingebaut, welches mit entsprechenden Gewindeansätzen versehen wurde. Die beiden Gewindeansätze mit Außengewinde haben wir im Gehäuse drehbar gelagert, um jederzeit einen bequemen Beobachtereinblick zu gewährleisten. Die Ansätze mit Innengewinde dienen der Aufnahme der Okularsteckhülse und des Polarisationsfilters (Bezugsquelle wie Prisma).

Auf der Grundplatte haben wir Paßstifte zur Lagerung des Prismas angebracht.

B. ZILL

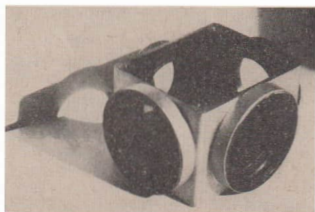


Abb. 2

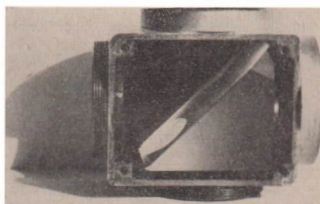


Abb. 3

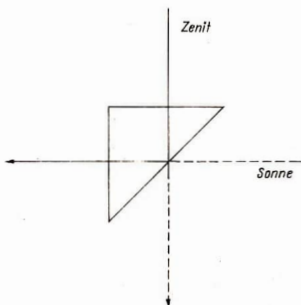
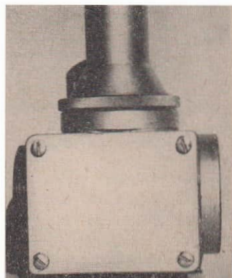


Abb. 1

Abb. 4



Aus der Literatur

Quecksilberwind auf dem Mond

Ein schwacher Quecksilberwind soll auf dem Mond wehen. Die gründliche Erforschung des Mondbodens mit Hilfe der automatischen Stationen „Luna 16“ und „Luna 20“ ergab, daß die von „Luna 20“ in Kontinentalgebieten gesammelten Bodenproben viermal mehr Quecksilber enthielten als die von „Luna 16“ gewonnenen Gesteine. Nach Meinung der Wissenschaftler ist dieser unterschiedliche Gehalt an Quecksilber darauf zurückzuführen, daß während des Mondtages (bei einer Temperatur von 150 Grad Celsius) in kalten, kontinentalen Gebieten Quecksilberdämpfe aufsteigen und sich ausbreiten. Nach ihrer Abkühlung setzen sich die Dämpfe auf der Oberfläche der Gesteinsschichten ab. Dieser kaum spürbare Quecksilberwind soll längs der Mondmeridiane gerichtet sein.

Aus: ND, 15./16. 11. 75

Dritter Satellit der VR China

Im Juli 75 wurde (wahrscheinlich am 26. 7.) der dritte Erdsatellit der VR China gestartet. Er umkreist die Erde in 91 Minuten im Höhenbereich zwischen 186 und 464 km. Der erste chinesische Satellit, dessen Sendeanlage die Hymne „Der Osten ist rot“ ausstrahlte, war am 24. April 1970 gestartet worden (1974-70A); seine Masse soll 173 kg betragen haben. Der zweite (1971-18A) folgte am 3. März 1971; er hatte eine Masse von 223 kg. Er muß mit Solarzellen zur Energieversorgung ausgerüstet sein, denn bis 1974 konnten seine Signale empfangen werden. Über den neuen Satelliten liegen bisher keinerlei weitere Informationen vor.

Nach: „Flieger-Revue“ 10/75

Präzisierung des Koordinatensystems auf dem Mars

Bei der Zusammenstellung einzelner Karten der Marsoberfläche, die mittels der Sonde MARINER 9 gewonnen wurden, ergab sich die Notwendigkeit einer Präzisierung des areographischen Koordinatensystems. Das bisher verwendete Koordinatensystem, das von der Erdbeobachtung aus abgeleitet worden ist, kann den Anforderungen nicht mehr genügen. Obwohl die Rotationsperiode ausreichend bekannt ist, ist die Lage des Nullmeridians verhältnismäßig ungenau.

Für die Kartographie des Mars wurden Weltwinkelentwürfe verwendet. Ein Netz von 1205 Stützpunkten 1. Ordnung wurde stereophotogrammetrisch ausgewählt, aus dem dann das areographische Netz errechnet worden ist. Der zufällige Fehler bei der Lagebestimmung liegt bei 10 km, der systematische Fehler beim Nullmeridian kann vernachlässigt werden, nach Osten und Westen aber wächst dieser auf 20 km an. Auf dem Netz 1. Ordnung baut sich ein weiteres Netz 2. Ordnung auf, was eine Erweiterung der Stützpunkte bedeutet.

Es war die Aufgabe, die genaue Lage des Nullmeridians festzulegen: Dieser Meridian durchquert den kleinen Krater Airy-0 mit einem Durchmesser von 0,5 km im Gebiet des Sinus Meridiani. Die Mitte des Kraters Airy-0 ist mit einer Genauigkeit von 50 m (0,001°) bestimmt worden. Es ist erforderlich, die Lage des Nullmeridians zu irgendeiner ausgezeichneten Richtung im Weltall zu fixieren, z. B. zum Frühlingspunkt. Aus diesem Grunde wurde die genauere Beziehung zwischen dem Nullmeridian und der Richtung zum Frühlingspunkt ermittelt: $\gamma = 148,24^\circ + 350,892017^\circ (\text{JD} - 2433282,5)$. Der Winkel γ drückt die Mars-Sternzeit auf dem Nullmeridian aus. Auch das Pol-Koordinatensystem sowie die Neigung des Mars-Äquators gegenüber der Bahnebene um die Sonne („Mars-Ekliptik“) sind heute bedeutend genauer bekannt als bisher. Der Himmelsnordpol hat folgende Koordinaten: $\alpha (1950,0) = 317,32^\circ - 0,1011^\circ T$, $\delta (1950,0) = 52,68^\circ - 0,0570^\circ T$, die Neigung des Äquators gegenüber der Bahnebene beträgt $25,19969^\circ + 0,01219^\circ T + 6 \times 10^{-9} T^3$ (T bedeutet die Zeit in Jahrhunderten).

Schließlich wurde auch die Gestalt des Mars präzisiert: Vergleichen wir sie mit einem Rotationsellipsoid, dann betragen die Halbachsen des Ellipsoids: $a = b = 3394,4 \text{ km}$, $c = 3375,8 \text{ km}$. Aus gravimetrischen Messungen wurde eine dynamische Abplattung von 1:192 ermittelt.

Die Präzisierung des Koordinatensystems auf dem Mars bedeutet einen der ersten Schritte bei der Herstellung von Einzelkarten der Planetenoberfläche. Es handelt sich ähnlich der Kartierung der Mondoberfläche um ein langzeitliches Vorhaben, denn es gilt hier, die Materialien der verschiedenen Sonden für die weiteren Zeiträume auszuwerten. Es ist daher wahrscheinlich, daß diese neuen Vorhaben binnen kurzer Zeit wieder präzisiert werden müssen.

ZDENĚK POKORNÝ

(Nach: J. Geophys. Res., 1973, 78, 4355—4404, aus Říže Hvězd 1/75.)

Gasnebel fotografie

Die Gasnebel der Milchstraße haben in den allgemeinsten Fällen für visuelle Beobachtungen eine zu geringe Flächenhelligkeit. Wirklich lohnende und auch interessante Einblicke in die Welt der galaktischen Gasnebel erhalten wir erst über die Fotografie. Dazu sind nicht in erster Linie große und aufwendige Kameras erforderlich. Viel entscheidender ist, den Kontrast zwischen den abzubildenden Objekten der Nachthimmels-helligkeit möglichst groß zu gestalten. Die Gasnebel bestehen fast ausschließlich aus Wasserstoff, demzufolge ist das ausgestrahlte Licht sehr streng monochromatisch rot (H_α). Mit einer günstigen Kombination zwischen Rotfilter und Filmemulsion läßt sich damit die störende Hintergrundhelligkeit des Nachthimmels sehr stark zurückdrängen.

Bz,

Buchbesprechung

Satellitenbilder

In diesem Werk sind die Bilder des amerikanischen Erdsatelliten Landsat 1 (hier noch unter der alten Bezeichnung ERTS-1 geführt), die das deutschsprachige Gebiet überdecken, zusammengefaßt. Es handelt sich dabei ausnahmslos um Bilder, die im Jahre 1972 (Start von Landsat 1 am 23. Juni 1972) in den Sommer- und Herbstmonaten aufgenommen worden sind. Die Bildwiedergabe ist von ausgezeichneter Qualität. Jeweils auf der rechten Seite finden wir das quadratische ERTS-1-Bild, welches ein Gebiet von 185×185 km überdeckt, auf der linken Seite ist ein Kartenbild im gleichen Maßstab wiedergegeben. Im unteren Viertel jeweils beider Seiten finden wir dann den erläuternden Text zu dem abgebildeten Gebiet und den hier sichtbaren Besonderheiten. Einige der Bilder stellen Ausschnittsvergrößerungen des jeweils vorangehenden Bildpaares dar. Auch hier ist die Vergleichskarte in entsprechendem Maßstab wiedergegeben. Auf insgesamt 13 der 50 Satellitenbilder sind Gebiete der DDR mit aufgenommen. Sieben davon zeigen fast ausschließlich DDR-Territorium.

Diese ERTS-1-Bilder sind äußerst informativ. Schon bei flüchtiger Betrachtung dieser Bilder erkennt man Städte, landwirtschaftlich genutzte Flächen und Wald. Wer sich eingehender mit diesen Bildern beschäftigt, wird noch viele weitere Details erkennen, seien es Flußläufe und feuchte Niederungen, der verschiedene Reliefgrad landwirtschaftlicher Kulturen, der sich im Farbton niederschlägt, Industrieabgase, Unterschiede der Küstenstrukturen zum Kartenbild und auf den vergrößerten Ausschnittsbildern, bei denen das Auflösungsvermögen bis herab zu 30 Metern geht, Autobahnen, Rollbahnen von Flugplätzen u. ä. Sogar der Verlauf der Staatsgrenze der DDR markiert sich deutlich in der Größe der einzelnen Felder auf dem Gebiet der DDR und der BRD.

Als Einführung finden wir auf den ersten 20 Seiten eine allgemeine Darstellung der Erdkunde durch Raumflugkörper. Ausgegangen wird von meteorologischen Beobachtungssatelliten, überleitet zu den ersten USA-Astronauten bei den Gemini-Unternehmen und auch den Apollo-Unternehmen. In diesem Teil finden wir zahlreiche Schwarz-weiß-Wiedergaben von farbigen Satellitenaufnahmen.

An den Bildteil schließen sich noch eine Reihe weiterer Einzelbeiträge verschiedener Autoren an. So schrieb Dr. Wernher von Braun eine Betrachtung unter dem Titel „Zurück zur Erde“. Es schließt sich ein Beitrag eines Autorenkollektivs von Dornier-System, Friedrichshafen, an, der den Titel trägt „Eine Untersuchung über den Nutzen der Fernerkundung der Erde“. Besonders wertvoll erscheint hier eine ganzseitige Matrix über die Bewertung der Fernerkundung und ihre Bedeutung über die verschiedensten Teilbereiche. Es folgt der Beitrag „Müssen wir die Bundesrepublik „fernerkunden“?“. Es schließen sich die Artikel „Nutzflächeninventur durch Erdkundungssatelliten“, „Probleme der Datenverarbeitung bei erdkundenden Missionen“ und „METEOSAT: Ein europäischer Wettersatellit“ an. Sicherlich wird dieses Buch in den großen Bibliotheken der DDR auch einzusehen bzw. auszuleihen sein. Jedem an der Erdkunde Interessierten sei es wegen der hohen Qualität der wiedergegebenen Landsat-Bilder und auch des wertvollen Inhaltes der abschließenden Beiträge wegen empfohlen.

KARL-HEINZ NEUMANN

Deutschland aus dem All. Satellitenbilder von der Bundesrepublik, der DDR, der Schweiz und Österreich; herausgegeben von Holger Heuseler. Erschienen: Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart, 1973. 168 Seiten, 50 vierfarbige großformatige Satellitenbilder sowie eine Vielzahl von Schwarz-weiß-Bildern bzw. Vergleichskarten.

Unsere Autoren:

Dr. Siegfried Marx, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium. – Dr. D. Möhlmann, AdW der DDR, Zentralinstitut für Solar-Terrestrische Physik (Heinrich Hertz-Institut), 1199 Berlin, Rudower Chaussee 5. Mitglied des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR. – Dipl.-Ing. H. D. Naumann, 8142 Radeberg, Straße der Thälmann-Pioniere 19. – Bernd Hübner, 301 Magdeburg, Gutenbergstraße 8. – Astronomische Station „Joh. Kepler“, 40 Halle-Kanena. – Siegfried Seliger, 80 Dresden. – Kerstin Reichenbächer (Anschrift unbekannt). – Günter Senf, 7242 Colditz, Karl-Marx-Ring 12. – Karsten Kirsch, 60 Jena. – Hans-Joachim Blasberg, 8053 Dresden, Tolkewitzer Straße 44. – Gerhard Ihlow, 8301 Pirna-Zschlota, Oberschule. – Bernd Zill, 94 Aue, Straße der Befreiung 9. – Karl-Heinz Neumann, 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37.

EVP 1,50 M
PZV 31052

2¹⁹⁷⁶ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Probleme der modernen Kosmologie · J. B. Seldowitsch/I. D. Nowikow	33
Die Entwicklung der kosmologischen Vorstellungen von Thomas Wright bis Immanuel Kant und Johann Heinrich Lambert · Dr. G. Jackisch	40
Solar-Terrestrische Physik. I. Die Magnetosphäre (Fortsetzung) · Dr. D. Möhlmann	43
Wetterbildempfang der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“, Berlin · Karl-Hein Neumann	47

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Wetterbildempfang“	I–IV
--	------

Amateure beobachten und berichten

Zur Phänomenologie der Planetenbewegungen. Die ausgezeichneten Planetenstellungen aus heliozentrischer und geozentrischer Sicht · Arnold Zenkert	49
--	----

Junge Amateure

Perseidenbeobachtung 1975 der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“, Potsdam · Jürgen Rendtel	51
Meine Venusbeobachtungen 1975 · Frank Köhler	54
Der Komet Kobayashi – Berger – Milon 1975 h · A. Geisshirt-Ling	55
Visuelle Beobachtung des Kometen Kobayashi – Berger – Milon 1975 h mit dem Feldstecher E. Pfitzner	56
Beobachtung der Perseiden 1975 · G. und H. Schulz	58

Kurzberichte

Ehrungen Bruno H. Bürgels 1975 · A. Zenkert	59
Die Radioteleskope der Sternwarte Hoeven · Walter Wamsteker	60

Aus der Literatur

VIKING 2 auf dem Wege zum Mars – Wird Encke besucht – Die Erdrotation beeinflusst das Klima – Verlagerung der magnetischen Erdpole	61
Meteoritenfall – Zum Interkosmos-Programm – Kohlenmonoxid in der Jupiteratmosphäre – Neutronenstern „gewogen“ – Sonnensonde Helios B – Meteoritenalter	62
Prognosen der Raumfahrtentwicklung für die 80er Jahre – Magnetosphärenforschung	63
Erich Scholz, Zittau, 75 Jahre	64
Aus dem Programmewurf der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands	64

Buchbesprechungen

Grundfragen der Quanten- und Relativitätstheorie – Copernicus und die Gravitation	3. Umschlagseite
Elementare Kosmologie	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 20. 1. 1976

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6001 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Pfaffe (stellv. Chefredakteur; Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen. Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena. „Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 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. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV. Satz und Druck: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Probleme der modernen Kosmologie

J. B. SELDOWITSCH, I. D. NOWIKOW

Wir beginnen die Darstellung mit einem Hinweis auf die allgemeinen Vorstellungen über Struktur und Evolution des Weltalls, die sich in der modernen Wissenschaft herausgebildet haben, und gehen dann zu einigen Verallgemeinerungen und zur Klassifikation der diesem Bild zugrunde liegenden Hypothesen über. Bei der Darstellung des Materials halten wir uns nicht an die historische Reihenfolge der Entdeckung bestimmter Tatsachen und außerdem verzichten wir auf die Angabe von Namen und Daten.

Was stellt das unserer Beobachtung zugängliche Weltall eigentlich dar? Bis in die jüngste Zeit konnten wir nur leuchtende Körper, also fast ausschließlich Sterne und Sternsysteme, unmittelbar beobachten.

In kleinen Maßstäben betrachtet, sind die Sterne sehr unregelmäßig verteilt. Das ist bekannt, seit man weiß, daß die Milchstraße eine Anhäufung von Sternen ist. Mit zunehmendem Leistungsvermögen der Teleskope stellte sich heraus, daß es zahlreiche Galaxien gibt, daß sie unregelmäßig verteilt sind und das Weltall eine Gesamtheit von relativ dichten Gebilden – Galaxienhaufen – darstellt. Dabei liegt der mittlere Abstand zwischen ihnen in der Größenordnung von 30 Megaparsec (100 Millionen Lichtjahre), während ihr mittlerer Durchmesser 3 Megaparsec beträgt; ihre Dimensionen sind also etwa zehnmal geringer als der Abstand zwischen ihnen. Das bedeutet, daß die mittlere Dichte jeder Struktureinheit 100- bis 1000mal größer ist als die Dichte, die man erhalten würde, wenn der ganze Stoff gleichmäßig über den gesamten Raum verteilt wäre. Die Galaxienhaufen sind mehr oder weniger chaotisch angeordnet. Im Maßstab von 30 Megaparsec sind also einzelne Struktureinheiten vorhanden und ist die Materieverteilung im Weltall folglich inhomogen. Nehmen wir einen zehnmal größeren Maßstab, dann werden in einer solchen an beliebiger Stelle des Weltalls ausgewählten Volumeneinheit (die im Durchschnitt etwa 1000 Galaxienhaufen enthält), stets ungefähr gleichviel Galaxienhaufen enthalten sein; in großen Maßstäben ist das Weltall daher annähernd homogen.

Solange die Galaxienhaufen nur mit Hilfe optischer Teleskope untersucht wurden, konnten wir nicht sehr tief in den Raum eindringen, denn mit optischen Teleskopen sind nur solche Objekte erfassbar, die nicht weiter als 5 Milliarden Lichtjahre entfernt sind, und auch von ihnen nur die hellsten. Die Anzahl der mit diesen Mitteln zugänglichen Galaxienhaufen liegt also in der Größenordnung von einer Million. Andererseits sind die Aussagen der optischen Astronomie über diese Fragen nicht sehr präzise, und die Behauptung, daß die Materie im Mittel homogen verteilt ist, hat nur einen Genauigkeitsgrad von etwa 10–20 %. Neue Beobachtungsmethoden haben es ermöglicht, die Zuverlässigkeit dieser Schlußfolgerung wesentlich zu erhöhen.

Die erste Tatsache, die Aufmerksamkeit verdient, ist also die Inhomogenität in kleinem Maßstab. Wenn wir etwa Sand unter dem Mikroskop betrachten, dann werden wir feststellen, daß er aus einzelnen Sandkörnern von unterschiedlicher Farbe, verschiedener geometrischer Form usw. besteht; sehen wir ihn aber mit bloßem Auge, dann erblicken wir nur einen homogenen Stoff. Eine ähnliche Situation haben wir im Weltall vor uns, wo die Galaxien die Rolle der „Sandkörner“ spielen.

Ein zweites wichtiges Moment ist die Frage, wie sich die Galaxienhaufen bewegen. Beobachtungen ergaben, daß sich die Haufen von uns entfernen; je größer der Abstand eines Galaxienhaufens von uns ist, um so schneller entfernt er sich.

Es sei bemerkt, daß die einzige Größe, die wir messen können, die Projektion der Geschwindigkeit eines Galaxienhaufens auf die Blickrichtung ist. Unmittelbar aus den Beobachtungsergebnissen können wir nicht schließen, ob sich ein bestimmter Galaxienhaufen genau in der Beobachtungsrichtung oder schräg zu ihr bewegt. Die einzige Methode, die Bewegung der Galaxien zu bestimmen, ist die Messung der Verschiebung der Spektrallinien. Alle Abstände sind so groß, daß es ungeachtet der hohen Geschwindigkeiten bisher nicht gelungen ist, eine Verschiebung von Galaxienhaufen am Himmel direkt zu beobachten. Die Erfassung dieser Verschiebungen liegt jenseits der Möglichkeiten der gegenwärtigen Instrumente.

Vom Standpunkt des Beobachters können wir also nicht unterscheiden, ob sich ein bestimmter Galaxienhaufen relativ zu uns genau in der Beobachtungsrichtung bewegt oder ob eine zu dieser senkrechte Geschwindigkeitskomponente existiert. Zur Lösung des Problems benutzen wir ein wichtiges philosophisches Prinzip, das man als Giordano-Bruno-Prinzip oder Prinzip von der Vielheit der Welten bezeichnen könnte – das Prinzip von der Äquivalenz der verschiedenen Orte im Weltall.

Man kann annehmen, daß sich die Galaxienhaufen in Wirklichkeit nicht notwendig auf geraden Linien entfernen, sondern daß auch Drehbewegungen und tangential Bewegungen möglich sind. Ein Beobachter würde also in jeder anderen Galaxienhäufung das gleiche Bild sehen, das auch wir erblicken.

Aus dem Prinzip, daß wir uns nicht an einer besonderen Stelle des Weltalls befinden, ergibt sich, daß die vorkommenden Relativgeschwindigkeiten nicht seitlich abweichen können, sondern streng von uns weggerichtet sein müssen. Das Bild einer Expansion, bei dem alle Geschwindigkeiten in unserem Koordinatensystem streng radial ausgerichtet sind, ist also in der Tat nicht nur ein Beobachtungsergebnis, sondern ergibt sich auch aus der Verbindung der Beobachtungen mit dem Giordano-Bruno-Prinzip, demzufolge man das gleiche Bild auch in jedem anderen Koordinatensystem erhält. Mit dem mathematischen Beweis dieser Behauptung wollen wir uns hier nicht aufhalten.

Es ist sehr wesentlich, daß direkte Untersuchungen das Giordano-Bruno-Prinzip bestätigt haben. Wenn man über große Maßstäbe mittelt, sind die Eigenschaften verschiedener Orte im Weltall gleichartig. Heute bezeichnet man dieses durch Beobachtungen erhärtete Prinzip als Prinzip der räumlichen Homogenität (Isotropie) des Weltalls. Alle Galaxienhaufen entfernen sich voneinander, und kein einziger befindet sich in einer besonderen Position.

Wir beobachten also eine Rotverschiebung der Spektrallinien, wobei diese Verschiebung und folglich auch die Geschwindigkeit dem Abstand r proportional ist. Am schwierigsten ist bei der Bestimmung dieser Abhängigkeit die Messung der Entfernungen bis zu den Galaxien. Viele Schwierigkeiten in der Kosmologie sind damit verbunden gewesen, daß das Verfahren zur Abstandsmessung nicht sehr zuverlässig war und laufend verbessert wurde. Deshalb ändert sich in dem Gesetz $v = H \cdot r$ die Zahlenkonstante. In diesem Gesetz ist v leicht, aber r schwierig zu ermitteln. Deshalb konnte die Größe H bisher nicht exakt bestimmt werden; sie wird auch heute noch weiter präzisiert. In den letzten fünf Jahren mußte diese Größe um den Faktor 1,5 verändert werden, weil der Maßstab, mit dem wir die Entfernung messen, exakter geworden ist. Quantitativ ist hier also noch nicht alles genau bekannt. Es ist aber wichtig hervorzuheben, daß die qualitative Gestalt dieses Gesetzes – die Proportionalität von v und r – mit hoher Genauigkeit festgestellt worden ist.

Das ist das Bild einer allgemeinen Expansion, das sich aus der Verbindung von Beobachtungen mit einem von den Beobachtungen bestätigten philosophischen Prinzip ergibt.

Wenden wir uns nun der Vergangenheit des Weltalls zu. Wenn sich die Galaxien heute in einem bestimmten Abstand voneinander befinden und sich weiter voneinander entfernen, so ist es klar, daß sie in der Vergangenheit einander näher gewesen sein müssen. Zu einem weit zurückliegenden Zeitpunkt müssen sich alle Galaxien berührt haben. Das ist ersichtlich aus der Formel:

$$t = \frac{r}{v} = \frac{1}{H}.$$

Der Abstand ist der Geschwindigkeit proportional; $1/H$ ist also die charakteristische Zeit, seit der die Flucht der Galaxienhaufen erfolgt. Nach gegenwärtigen Schätzungen beträgt $1/H \approx 18$ Milliarden Jahre. Folglich war die uns umgebende Welt vor etwa 18 Milliarden Jahren qualitativ anders beschaffen. Galaxien gab es nicht, und der Stoff befand sich in einem sehr dichten Zustand.

Auf diese Weise gelangen wir zu der Idee einer Entwicklungskosmologie. Nach Ansicht der modernen Kosmologie unterschied sich der Zustand des Stoffes in der Vergangenheit qualitativ von dem heutigen Zustand. So seltsam es auch klingen mag – die Idee der allgemeinen Evolution ist selbst von den bedeutendsten Wissenschaftlern nur mit Mühe akzeptiert worden. Als ein Beispiel dafür kann man den Schöpfer der Relativitätstheorie selbst nennen. Als Einstein die allgemeine Relativitätstheorie schuf, war ihm klar, daß diese Theorie in der Kosmologie vonnöten sein wird. Nach Aufstellung ihrer ersten Gleichungen warf er die Frage auf, ob diese Gleichungen nicht statische Lösungen haben, d. h. Lösungen, die einen zeitlich unveränderlichen Zustand beschreiben. Aus allgemeinen philosophischen Erwägungen hielt er ein nichtevolutionäres Modell des Weltalls für wünschenswert.

In allen physikalischen Theorien kommt es vor, daß eine Gleichung mehr enthält, als ihr Autor in ihr erblickt hat. Die Mathematik ist eine inhaltsreiche Form der Logik, sie beinhaltet auch Syllogismen, die der Mensch im Moment der Aufstellung einer Theorie noch nicht erkennt. So stellte sich heraus, daß die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie gar keine statischen Lösungen haben. Daraufhin begann Einstein sie abzuändern. Am Anfang unseres Jahrhunderts war die Idee einer statischen Welt naheliegend. Sie basierte auf der scheinbaren Stationarität und Unveränderlichkeit der astronomischen Systeme, seien es unser Sonnensystem, die Sternhaufen oder die Galaxien. Deshalb erschien es zulässig, von der beobachteten Konstanz der astronomischen Erscheinungen in kleinem Maßstab auf ihre Konstanz in großem Maßstab zu schließen. Mit einem Wort, lange Zeit hielt man es für wünschenswert, ein Bild des Weltalls aufzustellen, das nicht nur dem Giordano-Bruno-Prinzip für den Raum (alle Punkte des Weltalls sind gleichwertig), sondern auch noch einem analogen Prinzip für die Zeit genügt, so daß ein mit der Zeitmaschine des Phantasten Wells Reisender in Vergangenheit und Zukunft das gleiche Bild erblickt, das wir heute sehen.

Vom heutigen Standpunkt ist das ein antievolutionistisches Vorurteil; das Suchen nach statischen Lösungen erscheint einfach deshalb unvernünftig, weil wir überall Entwicklung sehen. Dort, wo wir

früher nur Ruhe oder Rotation auf stationären Bahnen bemerkten, erblicken wir jetzt ein Bild der Evolution. Bereits der Zerfall der radioaktiven Stoffe zeigt uns Entwicklung. Hätte die Erde ewig existiert, dann wären alle radioaktiven Stoffe bereits zerfallen, und es wäre nicht mehr möglich, sie in der Erdrinde nachzuweisen. Da aber radioaktive Stoffe auf der Erde vorhanden sind, muß seit der Entstehung der Erde (und der radioaktiven Stoffe) eine endliche Zeit vergangen sein. Nach dem Quantum der radioaktiven Stoffe in den Gesteinen kann man sogar das Alter der Erde bestimmen.

Weiter ist in Betracht zu ziehen, daß die von der Sonne ausgestrahlte Energie das Resultat von Kernreaktionen ist. Wie Berechnungen zeigen, reicht der Kernbrennstoff der Sonne nicht unbegrenzt lange, sondern ungefähr für 10 Milliarden Jahre. Wir wissen, daß die Sonne nicht älter als 10 Milliarden Jahre ist und daß die ältesten Sterne 12—15 Milliarden Jahre existieren.

Es besteht eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen der Zeitdauer, die sich in der Kosmologie aus Überlegungen über die Bewegung der Galaxien seit dem Beginn der Expansion ergibt, und dem Alter, das auf andere Weise – aus Überlegungen über die Evolution der Sterne – bestimmt worden ist. Mit einem Wort, ein statisches Bild ist für uns nicht akzeptabel. Und wenn es heute notwendig wäre, die theoretische Kosmologie von neuem aufzubauen, so würden wir verlangen, daß sie evolutionär ist, daß sie auch die Epoche der Sternentstehung erfaßt usw.

Ein konsequenter Anhänger der evolutionären Betrachtungsweise in der gesamten modernen Astronomie ist W. A. Ambarzumjan. Seine beharrliche Forderung, Evolutionsprozesse zu untersuchen, insbesondere Prozesse in den Kernen der Galaxien, verdient volle Unterstützung und liegt ganz auf der Linie des modernen Bildes von der Evolution des Weltalls, was nicht ausschließt, daß man einzelnen konkreten Thesen seiner Theorien nicht zustimmt.

Bevor wir ausführlicher auf die Vergangenheit des Weltalls zu sprechen kommen, wollen wir uns mit der einfacheren Frage befassen, was wir in Zukunft zu erwarten haben. Die Antwort auf die Frage, was künftig mit der expandierenden Welt von Galaxienhaufen geschieht, hängt ab von dem Verhältnis zwischen deren Fluchtgeschwindigkeit und der Kraft, mit der sie einander anziehen. Die Fluchtgeschwindigkeit ist uns aus Beobachtungen recht genau bekannt. Die Anziehungskraft ergibt sich aus der mittleren Dichte des Stoffes im Weltall, die bedauerlicherweise nicht genau genug bekannt ist. Die Frage nach der Zukunft des Weltalls ist also die Frage nach der mittleren Dichte des Stoffes.¹⁾ Es gibt eine kritische Dichte, die annähernd 10^{-29} g/cm³ beträgt; das entspricht 10^{-5} Atomen pro cm³ oder 10 Wasserstoffatomen in einem Kubikmeter. Wenn die Materiedichte im Weltall diese Größe übertrifft, dann wird sich die Expansion der Galaxienhaufen im Laufe der Zeit verlangsamen, schließlich aufhören und danach in eine Kontraktion übergehen. Die Rotverschiebung verwandelt sich in eine Violettverschiebung. Dieser Wechsel von Entfernung und Annäherung kann an einem analogen Beispiel veranschaulicht werden: Wenn die Startgeschwindigkeit einer Rakete geringer ist als die zweite kosmische Geschwindigkeit, dann wird ihr Aufstieg von der Erdoberfläche schließlich von ihrem Fall abgelöst. Sofern aber die Dichte des Stoffes im Weltall unter dem kritischen Wert liegt, wird sich die Expansion unbegrenzt fortsetzen. Die Bestimmung der tatsächlichen Dichte des Stoffes ist jedoch sehr schwierig.

Nach den zur Zeit vorliegenden Angaben ist die Dichte des Stoffes im Weltall annähernd gleich einem Atom pro Kubikmeter, d. h., sie ist etwa 5—10mal geringer als der kritische Wert, bei dem die Expansion aufhört und die Kontraktion einsetzt. Daraus ergibt sich für die Zukunft des Weltalls, daß eine Dichte des Stoffes, die zehnmal geringer als die kritische ist, die Ausdehnung der Welt der Galaxien nicht durch Gravitation aufzuhalten vermag. Die allgemeine Expansion wird sich unbegrenzt lange fortsetzen. Diese Folgerung muß man allerdings mit einem Fragezeichen versehen, weil die Arbeiten noch nicht abgeschlossen sind und die Genauigkeit der Beobachtungen noch nicht ausreicht. Wenn aber von der Expansion des Weltalls die Rede ist, so ist damit nicht eine Ausdehnung „alles in der Welt Existierenden“ gemeint; es geht ausschließlich um die Entfernung der Galaxienhaufen voneinander. Im Weltall gibt es verschiedene Galaxien, verschiedene Himmelskörper, zwischen denen sich gewaltige leere Räume erstrecken. Wenn bestimmte Himmelskörper miteinander durch Gravitationskräfte zu einem einheitlichen System verbunden sind (so wie die Sonne und die Planeten zum Sonnensystem oder wie Sterne zu einer Galaxis), dann expandieren diese Systeme nicht. Die einzelnen Himmelskörper – Sterne und Planeten – dehnen sich erst recht nicht aus. Bisweilen begegnet man der Behauptung, infolge der Ausdehnung des Weltalls müsse alles expandieren. Das ist falsch; die Expansion bezieht sich auf die relative Bewegung der Galaxienhaufen, auf die mittlere Bewegung in sehr großen Maßstäben und nicht auf einzelne isolierte Objekte, die durch Gravitation verbunden sind und in denen die Dichte des Stoffes die mittlere Dichte im Weltall erheblich übertrifft.

¹⁾ Unter der mittleren Dichte versteht man die Dichte des Stoffes aller Galaxien und der anderen gleichmäßig über den ganzen Raum verteilten Materie.

Die Frage nach der Zukunft der Bewegung der Galaxienhaufen ist also konzeptionell verhältnismäßig einfach, auch wenn ihre Beantwortung an die Bestimmung des konkreten Wertes der mittleren Materiedichte gebunden ist. Was hingegen die Vergangenheit betrifft, so haben wir weiter oben erwähnt, daß die einzelnen Galaxienhaufen vor langer Zeit einander beinahe berührten, und noch früher konnten für sie der Platz nicht ausgereicht haben. Getrennte Galaxienhaufen konnten damals nicht existieren. Früher muß das Bild des Weltalls also ein qualitativ anderes gewesen sein; es existierte ein Zustand großer Dichte ohne getrennte Körper.

Die Erforschung der Situation, die bei großer Dichte bestanden hat, bildet einen speziellen Abschnitt der Kosmologie. Für die Untersuchung dieses Problems ist die Entdeckung der sogenannten Reliktstrahlung von außerordentlicher Bedeutung. Es hat sich erwiesen, daß im Weltall pro Kubikmeter im Durchschnitt nicht nur ein Wasserstoffatom (d. h. ein Proton und ein Elektron), sondern auch noch ungefähr 400 Millionen Photonen vorhanden sind.

Im Jahre 1965 wurde entdeckt, daß uns im Zentimeter- und Millimeterbereich eine Strahlung aus dem Kosmos erreicht, die ein enormes Quantum Photonen enthält. Diese Radiostrahlung kann man weder den Sternen noch anderen einzelnen Quellen zuschreiben. Die Photonen besitzen eine sehr geringe Energie. Eine wichtige Eigenschaft der Reliktstrahlung besteht darin, daß sie ein nach dem Planckschen Strahlungsgesetz beschreibbares Gleichgewichtsspektrum mit einer Temperatur von etwa 3 K aufweist. Die Masse eines jeden Photons, die seiner Energie proportional ist, beträgt etwa das 10^{-13} -fache der Masse eines Wasserstoffatoms.

Deshalb kann man bei der Berechnung der mittleren Dichte des Stoffes die Photonen vernachlässigen, denn sie treten zwar in großer Zahl auf, aber jedes von ihnen hat eine so geringe Masse, daß alle diese 400 Millionen Photonen, die in einem Kubikmeter auf ein Wasserstoffatom kommen, zusammen nur ein Tausendstel der Masse eines Wasserstoffatoms besitzen. Das Vorhandensein der Photonen ist jedoch ein sehr wesentliches Faktum, wenn es um die Erklärung der Vergangenheit des Weltalls geht. Wenn wir nämlich die kosmologische Expansion verfolgen, dann müssen wir feststellen, daß die Atommassen heute unverändert bleiben, während die Energie eines jeden Photons abnimmt, d. h., die Temperatur der Reliktstrahlung sinkt. Entsprechend verringert sich auch die Masse der Photonen.

Je weiter wir also in die Zukunft gehen, um so geringer wird die Energie dieser Photonen sein. Bewegen wir uns aber in Richtung Vergangenheit, so können wir sagen, daß die Photonen masse- und energiereicher waren und daß ihre Temperatur höher war. Somit gelangen wir zu dem Bild eines ehemals „heißen Weltalls“. Die hohe Temperatur der energiereicheren Photonen muß in der Vergangenheit eine bestimmte Rolle in den physikalischen Prozessen gespielt haben.

Heute beträgt die Temperatur dieser Strahlung etwa 3 K. In der Umgebung der Sterne wird die Temperatur von der Strahlung der Sterne bestimmt und liegt wesentlich höher. Die Radioreliktstrahlung jedoch hat heute in den physikalischen Prozessen fast gar keine Bedeutung mehr. Sie kann nur mit Hilfe einer hochempfindlichen Apparatur gemessen werden. Ganz anders muß es in der Vergangenheit gewesen sein. Als alle Abstände tausendmal kleiner waren, lag die Temperatur bei 3000 °. Noch früher gab es einen Zeitpunkt, da die Temperatur 3000000° betrug, usw.

Daraus ergibt sich, daß in der Frühperiode der Expansion ein dichtes Hochtemperaturplasma vorhanden war, ein Gemisch mehr oder minder gleichmäßig im Raum verteilter Protonen, Elektronen und Photonen. Mit zunehmender Abkühlung entstanden Bedingungen für die Verbindung einzelner Atome miteinander oder zumindest für ihre Vereinigung in Zonen erhöhter Dichte, so daß sich Himmelskörper verschiedener Größe bildeten. In noch fernerer Vergangenheit war die Temperatur noch höher, und es gab eine Periode, in der sich im Plasma zahlreiche Elektronen-Positronen-Paare im Gleichgewicht befanden.

Die heutigen Himmelskörper bestehen aus Teilchen und nicht aus Antiteilchen (d. h. aus Protonen, Neutronen und Elektronen, nicht aber aus Antiprotonen, Antineutronen und Positronen). Irgendwelche fernen Körper könnten im Prinzip aus Antiteilchen zusammengesetzt sein, aber dann müßte irgendwo an der Grenze zwischen den einen und den anderen Körpern eine Annihilation von Stoff und Antistoff zu beobachten sein. Bisher wurde jedoch nichts Derartiges festgestellt. Daraus ergibt sich die Schlußfolgerung (für die auch indirekte Beweise vorliegen), daß wir es in der Gegenwart und in der nahen Vergangenheit offensichtlich überall mit Protonen und Elektronen, nicht aber mit Antiteilchen zu tun haben. Es gibt die Ansicht, daß das Weltall ladungsunsymmetrisch sei, daß viele Teilchen und kaum Antiteilchen existieren. In früherer Zeit, bei sehr hohen Temperaturen, waren die Photonen so energiereich, daß bei ihrem Zusammenstoß Protonen und Antiprotonen entstehen konnten. Auf eine bestimmte Zahl von Protonen kam eine noch größere Zahl von Protonen-Antiprotonen-Paaren. Wir gelangen also zu dem Ergebnis, daß in ferner Vergangenheit die Welt nahezu ladungs-symmetrisch war.

Wir wollen nun das Bild der Evolution des Weltalls noch einmal kurz rekapitulieren, aber wir gehen

dabei nicht mehr, wie wir es bisher getan haben, von der Gegenwart zur Vergangenheit zurück, sondern umgekehrt vom singulären Zustand bis zu unseren Tagen. Das wichtigste Problem der Kosmologie ist das Problem der Singularität – das Problem des Beginns der kosmologischen Expansion. Offensichtlich verändern sich die Eigenschaften von Raum und Zeit in der Singularität in stärkstem Maße und nehmen möglicherweise Quantencharakter an. Für einen so ungewöhnlichen Zustand existiert noch keine konkrete physikalische Theorie. Die Wissenschaft tastet sich erst an dieses Problem heran. Klammert man vorerst die Frage der Singularität aus, so kann man das Bild der Evolution des Weltalls von einem Zustand sehr großer Dichte an mit Hilfe der Gesetze der Physik verfolgen, an deren Anwendbarkeit unter den entsprechenden Bedingungen kein Zweifel besteht. Wenn die Dichte außergewöhnlich hoch war, so war es auch die Temperatur. Deshalb befand sich im Plasma eine Gesamtheit von Elementarteilchen verschiedenster Art im Gleichgewicht, wobei die Menge des Stoffes ein wenig größer war als die Menge des Antistoffs. Mit zunehmender Ausdehnung sank die Temperatur, und daher überwog der Prozeß der Annihilation von Protonen und Antiprotonen den Prozeß der Bildung neuer Paare von Teilchen und Antiteilchen. Mit der Abkühlung verschob sich das Gleichgewicht: Zunächst verschwanden Protonen und Antiprotonen, und es blieb nur ein relativ geringes Quantum von Protonen übrig, das dem Überschuß der Protonen gegenüber den Antiprotonen bei hoher Temperatur entsprach; dann annihilierten Positronen und Elektronen, und es verblieb nur der Elektronenüberschuß; im Ergebnis dessen bestand das Plasma aus Protonen und Elektronen sowie einer gewaltigen Zahl von Photonen, die mit den ersteren in Wechselwirkung traten. Etwa in diesem Stadium erfolgte im Weltall bei recht hoher Temperatur die Synthese der leichten Elemente; es bildeten sich ungefähr 30 Gewichtsprozent ^4He und eine kleine Beimengung von Deuterium und anderen Elementen. Die Hauptmasse des Stoffes verblieb jedoch in der Form von Wasserstoff. Noch später, als sich die Protonen mit den Elektronen zu Wasserstoffatomen verbanden (und auch das Helium neutral wurde), begann sich der Stoff zu einzelnen Galaxien zu vereinigen.

So stellt sich uns, sehr schematisch, das „Szenarium“ der Entwicklung des Weltalls dar. Es muß betont werden, daß sich dieses Szenarium auf ein homogenes Weltall bezieht. Würde man aber als Anfangszustand eine strenge Gleichgewichtsverteilung des Stoffs vorgeben, dann würde das für die Gegenwart zu einem Bild gleichmäßig verteilten Gases ohne Himmelskörper führen, denn die Himmelskörper können nur aus anfangs geringfügigen Inhomogenitäten entstanden sein.

Damit erweist sich jener Teil des Bildes, der mathematisch vollständig analysiert ist, als den modernen Beobachtungen nicht ganz genügend. Ein sehr wichtiges Moment fehlt in diesem Bild. Deshalb ist eines der Hauptprobleme, an denen man heute in der Kosmologie arbeitet, der Übergang von dem idealisierten Bild eines streng homogenen Weltalls zu einem Bild, das im Maßstab der Galaxienhaufen inhomogen ist. Es ist ein Mangel der Theorie, daß wir den Keim jener Inhomogenitäten, die wir heute beobachten, als bereits im Anfangszustand existierend voraussetzen müssen. Gingen wir nicht von dieser Annahme aus, so erhielten wir für den gegenwärtigen Zustand keine Galaxien. Eine vollständige Theorie, die auch die Bildung der Galaxien beinhaltet, kommt also nicht ohne die Annahme aus, daß im Anfangszustand mit extrem hoher Dichte die Verteilung und Bewegung der Materie nur annähernd homogen war. Das Wort „annähernd“ darf man hier ebensowenig weglassen wie das Wort „homogen“. Wenn wir auf das Wort „homogen“ verzichten, dann erhalten wir ein verzerrtes Bild. Lassen wir aber das Wort „annähernd“ weg, dann läßt sich die Bildung von Galaxienhaufen überhaupt nicht erklären. Man muß also annehmen, daß eine gewisse Ungleichmäßigkeit der Dichteverteilung oder, wie die Physiker sagen, eine Inkonstanz der Raum-Zeit-Metrik vorhanden war. Geht man von der Voraussetzung aus, daß die Metrik nicht konstant war, dann erhält man offenbar ein vollständiges Bild der Evolution vom Moment der Singularität an, das den Prozeß der Galaxienentstehung einschließt. Eine derartige Theorie wird allerdings zur Zeit erst ausgearbeitet, und noch sind nicht alle Fragen gelöst.

Eine wichtige Frage ist die folgende: Wie groß ist die Amplitude der ursprünglichen Inhomogenitäten in Abhängigkeit von ihrem Ausmaß, d. h., wie ist das Anfangsspektrum der Inhomogenitäten beschaffen? Wenn man z. B. eine Inhomogenität in großem Maßstab annimmt, die eine bedeutend kleinere Inhomogenität enthält, so ergibt sich nach den Gesetzen der Physik, daß letztere von selbst verschwindet. In einer Periode mit hoher Temperatur erfolgt ein Ausgleich der kleinen Inhomogenitäten, während die großen Inhomogenitäten erhalten bleiben. Bei dieser Rechenvariante erhalten wir ein Bild, demzufolge sich aus dem expandierenden und erkaltenden Gas zuerst Galaxien und Galaxienhaufen bilden und erst zuletzt einzelne Sterne entstehen.

In einer anderen konkreten Variante der Theorie der Galaxienbildung wird angenommen, daß bei der Abweichung vom Bild der homogenen isotropen Expansion die Wirbelbewegung des Stoffs die Hauptrolle gespielt hat. Diese Konzeption hat ihre Schwierigkeiten, denn sie erfordert den Verzicht auf das Bild einer isotropen Ausdehnung zu Beginn der Expansion und die spezielle Wahl von Anfangsbe-

dingungen nahe der Singularität. Das sind Probleme, an denen gegenwärtig gearbeitet wird; daher kann man noch keine endgültigen Schlüsse ziehen.

Unter dem Aspekt der Beobachtungsprobleme haben Untersuchungen des Spektrums der Reliktstrahlung und ihrer Intensität in verschiedenen Richtungen am Himmel große Bedeutung. Kleine Abweichungen von der vollständigen Isotropie dieser Strahlung (die bisher noch nicht gefunden worden sind!) könnten dazu beitragen, das Bild der früheren Evolution der Inhomogenitäten in der Verteilung des Stoffes und der Bildung der einzelnen kosmischen Objekte zu erhellen.

Das ist in allgemeiner Form die Situation in der Kosmologie. Wir haben die Probleme der modernen Kosmologie kurz und schematisch beschrieben. Für sie ist charakteristisch, daß nicht nur die Kinematik, die Mechanik der Ausdehnung untersucht wird (wie das noch vor 20–30 Jahren der Fall war), sondern in erster Linie die Physik der Prozesse. Die Kosmologie ist zu einer physikalischen Wissenschaft geworden. Wie jede Naturwissenschaft macht sie auf der Basis ihrer Theorien Voraussagen, die durch Beobachtungen überprüft werden.

Wir wollen nun näher auf die prinzipiellen Grundlagen der Kosmologie eingehen, deren physikalisch-mathematisches Fundament die allgemeine Relativitätstheorie ist. In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage, in welchem Maße die heutige physikalische Theorie für die Entwicklung der Astronomie und Astrophysik überhaupt und der Kosmologie im besonderen zu nutzen ist.

Beim Übergang von einer Größenordnung zur anderen entstehen stets qualitativ neue Erscheinungen. Es fragt sich nun, ob irgendwelche neuen Gesetze auftreten müssen, wenn wir von der Dimension der Erde und des Sonnensystems zum Maßstab des Weltalls übergehen. Wir sind der Ansicht, daß solche neuen Gesetzmäßigkeiten mit Notwendigkeit auftreten und daß sie in der Kosmologie bereits erfaßt sind. Die Relativitätstheorie mit ihrem Begriff der Raum-Zeit-Krümmung ist jene Theorie, die gerade für große Maßstäbe notwendig ist, für starke, relativistische Gravitationsfelder, d. h. für das Weltall, während die Newtonsche Theorie, die für das Sonnensystem und auch noch für die Galaxis durchaus geeignet ist, zu Paradoxien führt, wenn man sie auf kosmologische Aufgaben anwendet. Die allgemeine mittlere Krümmung des dreidimensionalen Raumes ist in der Kosmologie nur im großen Maßstab wichtig. Das Verhältnis zwischen der allgemeinen Relativitätstheorie, der Euklidischen Geometrie und der Newtonschen Physik ist durchaus analog der Situation in der Geometrie gekrümmter Flächen für große und kleine Abschnitte. Für große Abschnitte muß man die Krümmung der Fläche berücksichtigen, für kleine Flächenabschnitte genügt die ebene Geometrie. Die allgemeine Relativitätstheorie ist also jene Theorie, die für große Maßstäbe erforderlich ist und qualitativ neuartige Effekte ergibt.

Wo aber sind nun Äußerungen neuer Gesetzmäßigkeiten zu erwarten, die bereits über die allgemeine Relativitätstheorie hinausgehen? Offenbar wird die klassische allgemeine Relativitätstheorie dort unzureichend, wo die Krümmung des Raumes eine bestimmte mit der Quantentheorie verbundene Grenze überschreitet. Das trifft auf den singulären Zustand in der Vergangenheit, zu Beginn der kosmologischen Expansion, zu. In der Nähe dieses Zustandes sind die Dichte des Stoffes und die Krümmung der Raum-Zeit außerordentlich groß. Aus Erwägungen über die Dimensionen lassen sich Parameter bestimmen, bei denen sich in den Erscheinungen der Gravitation (und damit auch der Raum-Zeit-Krümmung) Quanteneffekte zu äußern beginnen. Aus drei fundamentalen Konstanten der Physik (der Gravitationskonstante G , der Lichtgeschwindigkeit c und der Planckschen Konstante h) kann man eine Konstante von der Dimension einer Länge ableiten:

$$r_{\text{krit}} = \left(\frac{hG}{c^3} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 10^{-33} \text{ cm.}$$

Bei sehr kleinem Krümmungsradius der Raum-Zeit (ein Krümmungsradius $\sim \frac{1}{r^2}$ ist sehr groß) ist die allgemeine Relativitätstheorie nicht mehr anwendbar, weil hier Quanteneffekte wesentlich werden. Eine Theorie, die diesem Krümmungsradius entspricht, gibt es bisher nicht. Der Größe r_{krit} entspricht eine Zeit $t_{\text{krit}} \approx \frac{r_{\text{krit}}}{c} \approx 10^{-43} \text{ sec.}$ Auf diese Periode, den Beginn der kosmologischen Expansion, ist die allgemeine Relativitätstheorie nicht anwendbar. Für die Analyse ist eine neue, verallgemeinerte Theorie notwendig.

Es existiert also eine Periode, zu deren Beschreibung die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie vereinigt werden müssen. Dabei darf man den Begriff des Neuen nicht zu eng auffassen. Es wäre jedenfalls übertrieben, nur die Aufstellung und Anwendung neuer Gleichungen als eine neue Erkenntnis anzusehen. Neues Wissen sind auch neuartige Schlußfolgerungen, neuartige Resultate im Rahmen bereits bestehender Theorien. Die Kombination gut bekannter Gesetze, die unter den ungewöhnlichen Bedingungen des Weltalls in Erscheinung treten, führt oft zu absolut nichttrivialen, neuartigen Resultaten. In der Kosmologie ist ein Beispiel dafür die Theorie des „heißen Weltalls“.

Während das Neue, das auf einen entfernten Moment der Vergangenheit beschränkt ist, heute nicht mehr unmittelbar in Erscheinung tritt, können wir aus vorhandenen Gleichungen neuartige Schlußfolgerungen ziehen, die an den heute beobachtbaren Erscheinungen überprüft werden können. Für die Astronomie beispielsweise hat die allgemeine Relativitätstheorie als neues Ergebnis den Nachweis der prinzipiellen Möglichkeit erbracht, daß die Welt zwar unbegrenzt, aber in sich geschlossen ist (so wie die Oberfläche einer Kugel). In Wirklichkeit ist es jedoch wahrscheinlich, daß in der Natur, wie wir oben gezeigt haben, die entgegengesetzte Situation besteht – die Dichte im Weltall liegt unterhalb des kritischen Wertes, und das Volumen des dreidimensionalen Raumes ist unendlich. Nichtsdestoweniger ist die prinzipielle Möglichkeit einer in sich geschlossenen Welt wichtig.

Neuartig ist in der Astrophysik auch die aus der allgemeinen Relativitätstheorie gewonnene Schlußfolgerung von der Möglichkeit, daß sich am Ende der Evolution massive Sterne – „schwarze Löcher“ – bilden. Der Inhalt dieser Folgerung besteht darin, daß bei der Kontraktion eines Sternes bis auf die Dimension des Gravitationsradius (in der Größenordnung weniger Kilometer) die Gravitation so stark wird, daß jegliche Strahlung zurückgehalten wird.

Ist nun die Vorstellung über „schwarze Löcher“ neues Wissen oder nicht? Wir sind der Ansicht, daß hier von der allgemeinen Relativitätstheorie eine qualitativ neuartige Erscheinung vorausgesagt worden ist. Die Theoretiker haben eine Theorie der Prozesse in der Umgebung der „schwarzen Löcher“ geschaffen und gezeigt, daß ein Gas, wenn es in das Gravitationsfeld eines solchen „Loches“ hineinfällt, stark erhitzt wird und Röntgenstrahlung emittiert. Manche Forscher nehmen an, daß nach der Röntgenstrahlung des umgebenden Gases „schwarze Löcher“ bereits entdeckt sind.

Es sei hier auf zwei wichtige Momente verwiesen, die die Kosmologie von der Physik unterscheiden. Das erste besteht darin, daß in der Kosmologie direktes Experimentieren nicht möglich ist. Die Überprüfung von Theorien erfolgt mit Hilfe von Beobachtungen. Der zweite Unterschied ist folgender: Bisher hatte die Physik die Aufgabe, Gesetze zu formulieren, in die man unterschiedliche Anfangsbedingungen einsetzen kann. Nach den Gesetzen der Ballistik kann man beispielsweise die Bahn eines Geschosses berechnen, wenn man die Anfangsgeschwindigkeit und die Richtung des Schusses einsetzt. In der Kosmologie haben wir es, bildlich ausgedrückt, nur mit einem einzigen Schuß zu tun. Wir sind nicht berechtigt, viele Welten zu betrachten, denn wir haben nur ein einziges Weltall vor uns. Wie kann man hier die einzig möglichen Anfangsbedingungen bestimmen? Bislang sind in der Physik solche Aufgaben noch nicht gestellt worden.

Zur Zeit beschränken wir uns auf den Versuch, aus Beobachtungen diese Anfangsbedingungen zu erschließen und damit die Vergangenheit zu rekonstruieren. Künftige Forschungen müssen eine Antwort auf die Frage geben, *warum* die Anfangsbedingungen im expandierenden Weltall eben diese und nicht andere waren. Notwendig ist auch eine Antwort auf die Fragen, warum sich das Weltall isotrop ausdehnt, warum es in großen Maßstäben homogen ist, warum im Maßstab der Galaxienhäufungen Abweichungen von der Homogenität auftreten und warum die Entropie des Weltalls so groß ist.

In jüngster Zeit wurde die Möglichkeit bemerkt, daß die Berücksichtigung von Quantenerscheinungen die zulässigen Typen von Anfangsbedingungen im Vergleich zur klassischen allgemeinen Relativitätstheorie stark einschränkt. Das ist ein wichtiger Schritt in Richtung auf die theoretische Begründung der Anfangsbedingungen. Andererseits muß man die Relativität des Terminus „Anfangsbedingungen“ selbst in Rechnung stellen. Wir gestalten die Kosmologie als Theorie der Evolution von der Singularität bis zur Gegenwart und weiter in die Zukunft und sehen dabei von der Frage ab, was *vor* der Singularität war. Diese Beschränkung der Aufgabenstellung ist eine notwendige Bedingung für die Entwicklung der Wissenschaft in der gegenwärtigen Etappe. Bei philosophischer Erörterung des Problems darf man jedoch nicht außer acht lassen, daß diese Etappe irgendwann einmal endet und daß dann die Frage nach der Periode vor der Singularität zu einer der wichtigsten Fragen der Kosmologie werden wird.

Bereits jetzt werden erste Schritte unternommen, der Lösung dieses Problems näherzukommen. Ist in der vorhergehenden Etappe (vor der Singularität) eine Kontraktion des Stoffs erfolgt? Oder war der Stoff vor Beginn der Expansion vielleicht immer in einem besonderen überdichten Zustand? Bei den Versuchen, dieses Problem zu durchdenken, muß man folgendes beachten. Eine Besonderheit der derzeitigen Theorie besteht darin, daß Raum und Zeit den Rang des Absoluten, den sie in der Newtonschen Theorie innehatten, verloren haben. Raum und Zeit sind nicht eine ewige, unveränderliche Bühne, auf der die Akteure – Teilchen und Felder – ihr Schauspiel aufführen. Die Eigenschaften der Raum-Zeit hängen von der sich bewegenden Materie ab. Wenn also von einer Singularität mit unendlich großer Materiedichte die Rede ist, dann ist es keineswegs selbstverständlich, daß die Frage nach der Natur der Zeit von der Singularität überhaupt berechtigt ist. Die Eigenschaften von Raum und Zeit können beispielsweise in der Nähe der Singularität Quantencharakter annehmen; die topologischen Eigenschaften der Raum-Zeit können sich grundlegend ändern; es ist auch möglich, daß der Begriff „vorher“ seinen Sinn verliert oder eine ganz andere Bedeutung annimmt.

In der modernen Kosmologie gibt es also sowohl konkrete Aufgaben, die die jüngste Vergangenheit betreffen, als auch Probleme, die schwierig zu formulieren sind und philosophischer Reflexion bedürfen.

Es besteht kein Zweifel, daß die Entwicklung der Physik – der theoretischen und der experimentellen – und die Entwicklung der Astrophysik – der theoretischen und der beobachtenden – auch diese schwierigen Fragen lösen wird.

Mit freundlicher Genehmigung der Redaktion „Sowjetwissenschaft – Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge“ entnommen dem Heft 3/75 dieser Zeitschrift.

Die Entwicklung der kosmologischen Vorstellungen von Thomas Wright bis Immanuel Kant und Johann Heinrich Lambert

Dr. G. JACKISCH

Kant beruft sich in der Vorrede seiner 1755 erschienenen „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ [1] auf Thomas Wright of Durham, der 1750 seine „Neuartige Theorie oder neue Hypothesen vom Universum“ herausgegeben hatte [2]. Kant hatte Wrights Arbeiten selbst nicht gelesen, sondern kannte nur die Rezension aus der Zeitschrift „Freie Urtheile und Nachrichten zum Aufnehmen der Wissenschaften und der Historie überhaupt“ [3]. Lambert, der Zeitgenosse Kants und Verfasser der „Cosmologischen Briefe über die Einrichtung des Weltbaues“ [4], kannte die Arbeit Wrights nur vom Hörensagen.

Wright's Werk ist eine Mischung zwischen naturwissenschaftlicher Theorie und religiösen Gedanken bzw. Prinzipien, die er versucht, in einem Werk zu vereinigen. Dadurch gleitet seine „Neuartige Theorie“ sehr oft ins spekulativ-mystische ab, was dem Werk keinen besonderen Nutzen bringt.

Die astronomischen Gedankengänge Wrights begründen sich, wie auch die Theorien von Kant und Lambert, auf die Newtonsche Mechanik und damit auf das Gesetz der allgemeinen Gravitation. Im Allgemeinen geht Wright bei der Behandlung kosmologischer Probleme kaum über die Galaxis hinaus. Das ist vielleicht auch das größte Verdienst von Wright, das er sich mit dieser Arbeit geschaffen hat, nämlich, daß er als einer der ersten der wirklichen Struktur der Galaxis durch Beobachtungen und theoretische Schlußfolgerungen näher kam, als alle spekulativen Betrachtungen vorher.

Erst Wilhelm Herschel [5] gelang es etwa 40 Jahre später, das Wrightsche Modell der Milchstraße zu verbessern und unseren heutigen Vorstellungen näherzubringen. Wright geht zunächst von der richtigen Annahme aus, daß der Anblick der Milchstraße dadurch gegeben ist, daß wir in eine dünne Scheibe von Sternansammlungen hineinblicken. Durch seinen mystischen Gedanken, daß das Zentrum der Milchstraße der Sitz Gottes bzw. der Vorsehung sei, erwähnt er nur kurz die Möglichkeit eines Zentralkörpers und erkennt auch die wahre Struktur der Galaxis, indem er annimmt, daß sie ein Ring von Sternen ist, wobei sich die Sterne nach dem Gesetz der Newtonschen Gravitation um dieses Zentrum bewegen.

Wright äußert in seinem Werk auch einige Gedanken zum hierarchischen Aufbau der Galaxis. So definiert er, daß die Monde um die Planeten, die Planeten um die Sonne und die Sonne zusammen mit den übrigen Sternen sich um das Zentrum der Galaxis bewegen. Eine kosmische Verallgemeinerung unseres Planetensystems in Bezug auf andere Sterne erwähnt er nur insofern, als er bei anderen Sternen ebenfalls bewohnbare Welten annimmt. In leuchtenden Nebeln außerhalb der Milchstraße vermutet Wright von der Galaxis unabhängige Sternsysteme.

Kants „Allgemeine Naturgeschichte“ ist eine enge Verbindung von Kosmogonie und Kosmologie. Beide sind nicht voneinander zu trennen. Die Grundlage ist genau wie bei Wright die Newtonsche Mechanik mit dem Gesetz der allgemeinen Gravitation. Kosmologisch stimmt er mit Lambert darin überein, daß beide die Vorstellungen Newtons annahmen, das heißt, sie gingen von einem unendlichen

Weltall aus, dessen Raumstruktur euklidisch ist. Doch entwickelt Kant im 7. Hauptstück des 2. Teiles seiner „Allgemeinen Naturgeschichte“ eine nichteuklidische Raumauffassung, indem er sagt: „Die Anziehung ist ohne Zweifel eine ebenso weit ausgedehnte Eigenschaft der Materie, als die Coexistenz, welche den Raum macht, indem sie die Substanzen durch gegenseitige Abhängigkeit verbindet, oder eigentlicher zu reden, die Anziehung ist eben diese allgemeine Beziehung, welche die Teile der Natur in einem Raume vereinigt: sie erstreckt sich also auf die ganze Ausdehnung desselben, bis in alle Weiten ihrer Unendlichkeit“. Dies ist sicherlich eine frühe und exakte Bemerkung darüber, daß die Materie die physikalische Struktur des Raumes bestimmt. Diese Allgemeingültigkeit der Gravitation ist es auch, die Kant veranlaßt, den Kosmos als eine Einheit mit analog aufgebauten Materiestrukturen zu sehen.

Während Lambert in seinen „Cosmologischen Briefen“ nicht auf die Entstehung und Evolution des Kosmos eingeht, beschreibt Kant die Evolution eines unendlichen Kosmos und definiert zunächst einen Schöpfungsakt der Materie, die bei ihm als feines Substrat homogen über den gesamten Kosmos verteilt ist. Bei der rationalen Denkweise Kants sollte man ihm nicht unbedingt die Erschaffung der Materie als einen nur von einem Gott möglichen Schöpfungsakt unterschieben. Es ist das bei dem deistisch wenig beeinflussten und rational denkenden Kant bereits die auch noch im 20. Jahrhundert diskutierte Frage nach dem Anfang der Welt bzw. nach dem physikalischen Zustand, aus dem sich der uns heute bekannte Teil des Kosmos entwickelte.

Kant [10] schreibt hierzu in seiner „Kritik der reinen Vernunft“: „Denn man nehme an, die Welt habe der Zeit nach keinen Anfang: so ist bis zu dem gegebenen Zeitpunkte eine Ewigkeit abgelaufen, und mithin eine unendliche Reihe aufeinander folgender Zustände der Dinge in der Welt verlossen. Nun besteht aber eben darin die Unendlichkeit einer Reihe: daß sie durch sukzessive Synthesis niemals vollendet sein kann. Also ist eine unendlich verlossene Weltreihe unmöglich, mithin ein Anfang der Welt eine notwendige Bedingung ihres Daseins, welches zuerst zu beweisen war“. Kant versucht also, mit Hilfe einer Antonomie die Entstehung des Kosmos und damit der physikalischen Materie zu postulieren.

Um den Aufbau des heutigen Kosmos zu erklären nimmt Kant zunächst an, daß sich die gesamte fein verteilte Materie bei ihrer Entstehung sofort in ungeordneter Bewegung befindet. Damit definiert er, daß das Weltall pro Raumeinheit eine bestimmte Masse und auch einen bestimmten Anfangsimpuls besitzt. Es ist entscheidend für Kants Ansichten, daß er das uns heute geläufige Prinzip der Erhaltung der Masse (bzw. der Energie) und das Gesetz von der Erhaltung des Impulses nicht verletzt. Die Erhaltungssätze der klassischen Mechanik bleiben bei ihm unangetastet.

Durch die Anerkennung der Selbstbewegung der Materie gelang es Kant, die Entwicklung der Welt als dialektische Wechselwirkung zwischen der Gravitationskraft und einer entsprechend dem 3. Newtonschen Axiom gegenwirkenden Kraft, der Repulsionskraft, darzustellen. Der Zustand der regellosen Bewegung der partikelförmigen Massen soll nur kurze Zeit dauern, da durch Stöße der Partikeln und der Verringerung ihrer kinetischen Energie gravitierende Massen entstehen. Damit wurde sofort die Möglichkeit gegeben, daß die Partikeln in weiten Teilen des Raumes diesen gravitierenden Zentren zustreben. An Hand des zu Kants Zeiten am besten bekannten Teiles des Kosmos, nämlich unseres Planetensystems, erklärt er nun auch dessen Entstehung. Aus dem Raume streben zunächst die Partikeln zum Zentrum der gravitierenden Wolke. Dabei werden sie zum Teil gegeneinander stoßen. Die bei diesen Stößen entstehende Kraft ist die gegen die Gravitationskraft gerichtete Repulsionskraft. Sie entspricht bei ihm dem Anfangsdrehimpuls, den die Partikeln zur Bewegung um die gravitierenden Zentren oder den Zentralkörper brauchen.

Die aus dem Anfangsdrehimpuls folgenden Bahnebenen der Partikeln um einen solchen Zentralkörper sind vorerst völlig regellos verteilt, so daß weitere Stöße die kinetische Energie der Partikeln und kleineren Körper verringern. Durch den laufenden Massenzuwachs wird der Zentralkörper zur Ursonne und aus kleineren Gravitationszentren bilden sich die Planeten. Kant sagt hierzu im ersten Hauptstück des 2. Teiles der „Allgemeinen Naturgeschichte“: „In diesem Streben, da alle Teilchen nach einer Richtung und in parallel-laufenden Kreisen, nämlich in freien Zirkelbewegungen durch die erlangten Schwungkkräfte um den Zentralkörper laufen, ist der Streit und der Zusammenfall der Elemente gehoben und alles ist in dem Zustand der kleinsten Wechselwirkung“. Das heißt aber, das Planetensystem ist jetzt entstanden. Durch die gleiche Wechselwirkung beider Kräfte stellte er sich auch die Bildung der Monde und die Rotation von Sonne und Planeten vor.

Da Kant Newtonsche dynamische Gesetze auf alle Teile des Kosmos anwendet, braucht er nicht wie Newton einen „ersten Anstoß“ oder einen Regulator für das Planetensystem. In seinem Kosmos können sich die dynamischen Kräfte widerspruchsflos durchsetzen. Wie bei Newton aus wenigen Axiomen die Mechanik aufbaubar ist, so ist bei Kant aus wenigen Anfangs- und Randbedingungen der gesamte Kosmos aufbaubar. Da er die Dynamik Newtons als universell gültig annimmt, kommt bei ihm die Mannigfaltigkeit der Materiestrukturen zustande. Für Kant ist im Prinzip unser Planetensystem

nur der Zustand eines Planetensystems schlechthin. Deshalb kommt er zu dem Schluß, daß jede Sonne, also jeder Stern ein solches Planetensystem besitzt. Infolge der Allgemeingültigkeit der Naturgesetze ist für Kant auf Grund der Newtonschen Dynamik das Planetensystem für die Sonne notwendig und auch zugleich notwendig für jeden anderen Stern. Zu den Anfangs- und Randbedingungen bei der Entstehung der Materiestrukturen, wie z. B. unserem Planetensystem, kommen noch Zufallsbedingungen hinzu. Diese führen zur Entwicklung von abweichenden Strukturen oder Bewegungen. Als Beispiel in unserem Planetensystem finden wir den Saturnring, die Rückläufigkeit einiger Monde, die große Bahnexzentrizität Plutos usw.

Nach denselben Gesetzen, nach denen sich die Planetensysteme bilden, erklärt Kant durch Analogieschlüsse nach oben die größeren Materiestrukturen, wie z. B. die Galaxien. Da auch in den Galaxien dieselben dynamischen Grundgesetze gelten, mitteln sich auch hier ungeordnete Bewegungen heraus und es bleiben geordnete übrig. Im Sinne Wrights bewegen sich deshalb bei Kant die Sterne einer Galaxie auf Bahnen um ein gemeinsames Schwerezentrum, wobei er in bezug auf unsere Galaxis sowohl für deren Unterstrukturen, als auch für die Galaxis als Ganzes sternartige Zentralsonnen annimmt.

Kants Kosmogonie beschreibt nicht nur die Entstehung, die Evolution und das Vergehen der Materiestrukturen in einem unendlichen Kosmos, sondern er betrachtet auch die Möglichkeit einer periodischen Wiederholung der Evolutionsprozesse. In diesem Sinne ähnelt seine Kosmogonie den dynamischen der Antike, insbesondere der des Anaximandros' (610–646 v. u. Z.) [6]. Kant selbst beruft sich auf Leukippos (480–420 v. u. Z.) und Demokritos (460–370 v. u. Z.) und deren Gedanken zur Entstehung von Wirbeln aus der Bewegung der Atome sowie auf Epikuros (341–270 v. u. Z.), von dessen Schwerebegriff er annimmt, daß er der Newtonschen Gravitation entspräche. Mit wenigen Worten ausgedrückt, kann man daher Kants Kosmogonie als eine Synthese antiken und cartesianschen Wirbeldekkens verstehen, selbstverständlich aufgebaut auf der Grundlage der Newtonschen Dynamik.

Da es bei Kant notwendig ist, daß die Zentrifugalkräfte oder „Schwungkkräfte“, wie er sagt, der zentripetal wirksamen Gravitation das Gleichgewicht halten, bleibt der Kosmos konsistent. Es gibt weder eine zentripetale Expansion noch einen zentripetalen Kollaps. Dadurch erklärt sich auch Kants hierarchischer Aufbau der Welt: Jedes System muß Teil eines Übersystems sein. So ist das Sonnensystem ein Teilsystem der Galaxis, die denselben mechanischen Gesetzen unterworfen ist, wie das Sonnensystem. Hier begründet Kant wissenschaftlich die Weltinseltheorie: die am Himmel sichtbaren Nebel sind seiner Meinung nach, was auch quantitativ richtig ist, der Galaxis analoge Weltinseln oder Sternsysteme. Sie bilden wiederum ein Übersystem oder Galaxienhaufen usw.

Lamberts Kosmologie ist in vielen Teilen der Kantschen ähnlich. Er vermutet, daß die Galaxis ein analoges, aus verschiedenen Untersystemen zusammengesetztes System ist. Analog zum Aufbau der Galaxis vertritt er konsequent den hierarchischen Aufbau des Universums, jedes System ist Teilsystem eines Übersystems. Er versucht auch die Größen seiner Systeme abzuschätzen. So gelangt er zu der Annahme, daß die Abstände zwischen den Systemen n -ter Ordnung bedeutend größer sind als ihre Durchmesser.

Lambert nimmt ebenfalls wie Kant an, daß jedes System einen Zentralkörper besitzt, aber im Gegensatz zu Kant besitzen diese Zentralkörper Massen, die von der Größenordnung der Gesamtmasse des betrachteten Systems sind. Da Lambert im Gegensatz zu Kant teleologisch sehr befangen war, entsprechen seine Zentralkörper als Gravitationszentren den Regenten einer zweckbestimmten hierarchischen göttlichen Ordnung des Kosmos. Wegen der großen Massen vermutet Lambert, daß die Zentralkörper dunkle, nichtleuchtende Körper sind, da sie bei ihm gedanklich keine Identität mehr mit Sternen haben.

Karl Schwarzschild [7] kritisiert 1907 die Lambertschen Zentralkörper und zeigt im Sinne der klassischen Astrophysik die Unhaltbarkeit solcher Ansichten. Schwarzschild legt dar, daß solche Riesen-sonnen unmöglich sind, da bei der enormen Dichtekonzentration in ihrem Innern entartete Zustände der Materie entstehen würden. Mittels der modernen Physik lassen sich heute diese Zustände, wie wir sie analog zu den Lambertschen Zentralkörpern in den Quasaren und Kernen einiger Galaxien vorfinden, durchaus verstehen.

Kant und Lambert legen grundsätzlich allen Systemen, also auch denen höherer Ordnung, die gleichen Gesetze der Mechanik zu Grunde, wie sie im Sonnensystem wirksam sind. Ungeachtet solcher mechanistischen Ansichten besteht der astronomische und philosophische Wert der Kantschen und Lambertschen Idee vom hierarchischen Aufbau des Kosmos darin, daß mit ihr eine diskontinuierliche Massenverteilung im Kosmos angenommen wird.

Auf diesen Gedanken stützte sich 1908 Charlier [8] bei seinem Versuch, die kosmologischen Paradoxien von Olbers sowie von C. Neumann und H. v. Seeliger zu lösen. Charlier gelang es zu zeigen, daß beide Paradoxien entfallen, wenn der Radius R_n des Systems n -ter Ordnung hinreichend groß gegen-

über dem Radius R_{n-1} eines Systems ($n-1$)-ter Ordnung ist, und wenn die mittlere Massendichte beim Übergang zu Systemen höherer Ordnung ständig abnimmt, wobei mindestens die Relation erfüllt sein

$$\text{soll: } \frac{R_n}{R_{n-1}} \geq N_n.$$

Für ein unendlich großes Weltall im Sinne Kants und Lamberts entsteht dabei scheinbar ein neues Paradoxon, indem beim Übergang zu Systemen höherer Ordnung die mittlere Massendichte im Kosmos gegen 0 konvergiert. Tatsächlich ist diese sehr gering und beträgt im Mittel nur etwa 10^{-31} g/cm^3 .

Die Kantsche und Lambertsche Grundidee der diskontinuierlichen Massenverteilung im Kosmos hat seine aktuelle Bedeutung erhalten. Eine erste, wenn auch noch hypothetische Bestätigung, erbrachte bereits um 1790 Wilhelm Herschel mittels seiner Nebelbeobachtungen und -zählungen. In den zwanziger und dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts war es neben anderen Hubble, dessen Arbeiten zur Struktur der Galaxien und der Metagalaxis relevanten Charakter trugen. Hubble war es auch, der 1925 die Kantsche und auch Lambertsche Weltinseltheorie durch die Beobachtungen bestätigen konnte. In seinem Buch „Das Reich der Nebel“ [9] schätzte Hubble 1936 den Beitrag Kants zum heutigen Weltbild hoch ein und sieht die heutige Erforschung der Strukturen der Metagalaxis als eine Lösung der Kantschen Problemstellung. Seit Beginn der fünfziger Jahre haben besonders die statistischen und kosmologischen Untersuchungen von Ambarzumjan und Zwicky ergeben, daß die Bildung von lokalen Ansammlungen, Haufen und Superhaufen übergeordneter Materiestrukturen, wie z. B. der Galaxien, eine Grundcharakteristik der Metagalaxis ist.

Zusammenfassend kann man einschätzen, daß Wright die in seiner Zeit anstehenden Probleme in der Astronomie richtig erkannt hatte und durch seine Arbeit vor allem Kant anregte, das von diesem rezipierte kosmologische Erbe mit der Newtonschen Dynamik zu verbinden. So gelang es Kant als erstem, die genetische Einheit des Kosmos theoretisch zu begründen, und zu beweisen, daß die Erklärung der gegenwärtigen Materiestrukturen als Entstehung aus sich selbst prinzipiell möglich ist. Der von Kant und Lambert vertretene hierarchische Aufbau des Kosmos hat sich, als aktuelle Grundidee bei der Erforschung der Metagalaxis, als hodegetisch und relevant erwiesen.

Literatur:

- [1] Kant, I.: Allgemeine Theorie und Naturgeschichte des Himmels. Herausgegeben von F. Krafft, München 1971.
- [2] Wright, Th.: An original theory or new hypothesis of the universe. Herausgegeben von M. A. Hoskin, London, New York 1971.
- [3] Freie Urtheile und Nachrichten zum Aufnehmen der Wissenschaften und Historie überhaupt, Aechtes Jahr, Hamburg 1751, als Beilage in [1].
- [4] Lambert, J. H.: Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues, Augsburg 1761.
- [5] Herschel, W.: Über den Bau des Himmels, Königsberg 1791.
- [6] Praechter, K.: Die Philosophie des Altertums, Darmstadt 1958.
- [7] Schwarzschild, K.: Über Lamberts Cosmologische Briefe. Astr. Jahresbericht, 9, 89 (1907).
- [8] Charlier, C. V. L.: Wie eine unendliche Welt aufgebaut sein kann. Meddelande Lund Astron. Observ., No. 38 (1908).
- [9] Hubble, E.: Das Reich der Nebel, Braunschweig 1938.
- [10] Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft. Herausgegeben von K. Rosenkranz, Leipzig 1838.

Solar-Terrestrische Physik

I. Die Magnetosphäre

Dr. D. MÖHLMANN

Fortsetzung

Geht man nun zu noch höheren Frequenzen über, so wird schließlich die Situation erreicht, in der die elektromagnetischen Schwingungen so schnell erfolgen, daß praktisch keine Ausgleichsströme im Plasma fließen können und die elektromagnetischen Wellen sich frei durch das Plasma ausbreiten können. Die Wellen geben dann andererseits aber auch keine Informationen mehr über das von ihnen durchdrungene Plasma.

6. Das magnetosphärische elektrische Feld

Die Verteilung der in der Magnetosphäre vorhandenen elektrischen Felder ist zur Zeit noch in wesentlich geringerem Maße bekannt als die des magnetischen Feldes. Die Ursache liegt vor allem darin, daß es relativ schwierig ist, dieses, vom Betrag her recht kleine elektrische Feld von einigen Millivolt pro Meter, direkt und mit ausreichender Genauigkeit und raum-zeitlicher Auflösung zu messen. Derartige direkte Messungen sind erst in den letzten Jahren in systematischer Weise möglich geworden [Heppner, 1972]. Indirekte Methoden, wie die Verfolgung der Bewegung und Deformation ionisierter künstlicher Bariumwolken oder Messungen des elektrischen Feldes von Ballonen aus, sind hingegen bereits seit längerer Zeit in Gebrauch. Mit ihnen wurden die ersten groben Informationen über die Struktur des magnetosphärischen elektrischen Feldes gewonnen.

Das magnetosphärische elektrische Feld hat drei verschiedene Quellen (Entstehungsursachen). Es sind dies einmal großräumige Ladungstrennungsprozesse, die sich in der Ionosphäre abspielen. Diese erhalten ihre Energie aus den Bewegungen der Neutralatmosphäre. Ein weiteres elektrisches Feld entsteht in der Magnetosphäre durch die Rotation der Erde und die damit verbundene Rotation des magnetischen Dipolfeldes. Das entstehende elektrische Feld zwingt das niederenergetische Plasma dazu, an dieser Rotation teilzunehmen. Dieses elektrische Feld wird auch als Korotationsfeld bezeichnet. Die dritte Ursache für ein elektrisches Feld in der Magnetosphäre ist der an ihr vorbeiströmende Sonnenwind. Dabei ist bis heute noch nicht vollständig geklärt, in welcher Weise als Folge der Umströmung elektrische Felder entstehen. Es ist zwar klar, daß durch das Vorbeiströmen des Magnetfeldes des Sonnenwindes an der Magnetopause ein elektrisches Feld induziert wird, und die Existenz dieses Feldes ist auch bereits nachgewiesen, aber es scheint so, daß an der Magnetopause noch ein zweites elektrisches Feld entsteht, das unabhängig von dem interplanetaren Magnetfeld ist. Darauf deuten viele Beobachtungen hin.

Die grobe Struktur des magnetosphärischen elektrischen Feldes ist in Abb. 5 wiedergegeben. Dabei treten drei verschiedene Gebiete hervor. Es ist dies einmal das Gebiet der offenen polaren Feldlinien, in dem das elektrische Feld von Morgen zu Abend zeigt, zweitens das Gebiet der geschlossenen Feldlinien, in dem das elektrische Feld in Polnähe in Richtung Morgen zeigt und in der Nähe der magnetosphärischen Äquatorebene wieder die Morgen-Abend-Richtung hat. Zum Verständnis der Abb. 5 muß hier erwähnt werden, daß die magnetischen Feldlinien in guter Näherung (wegen der guten Parallelleitfähigkeit) elektrostatistische Äquipotentiallinien sind, das elektrische Feld also stets senkrecht auf dem Magnetfeld steht. Das dritte Gebiet ist die Plasmasphäre, deren Begrenzung, die sogenannte Plasmopause, ebenfalls eine Äquipotentialfläche ist. Ihre Form ist einmal bestimmt durch die Korotation, bei der die elektrostatischen Äquipotentiallinien Kreise in der Äquatorebene sind, und zum anderen durch das ständig von der Magnetopause her anliegende elektrische Feld. Dieses Feld ist, grob gesprochen, von Morgen zu Abend gerichtet. Als Folge der sogenannten $E \times B$ -Drift, also der Tatsache, daß die mittlere Bewegung elektrisch geladener Teilchen in sich kreuzenden elektrischen und magnetischen Feldern senkrecht zu diesen beiden Feldern erfolgt, strömt das thermische Plasma der Magnetosphäre also aus Richtung Schweif auf die Erde zu. Die entsprechenden Stromlinien, die gleichzeitig elektrische Äquipotentiallinien sind, werden in Abb. 5 gestrichelt dargestellt. Auf der Morgenseite ist diese Strömung parallel zur Korotation, auf der Abendseite sind diese beiden Strömungen entgegengesetzt. Daraus resultiert eine leichte Deformation des korotierenden Gebietes, es ist auf der Morgenseite etwas eingedückt und auf der Abendseite, dort wo der Staupunkt der Umströmung liegt, etwas vergrößert. Diese also somit etwas verformte Grenzfläche des korotierenden Gebietes ist die Plasmopause, innerhalb derer sich das thermische Plasma mit der Erdrotation mitbewegt und eine wesentlich größere Dichte hat. Außerhalb der Plasmopause strömt das dort wesentlich weniger dichte thermische Magnetosphärenplasma um die Plasmasphäre herum. Diese Strömung wird durch das an der Magnetopause entstehende elektrische Feld gesteuert. Sie ist aber unabhängig von der Orientierung des interplanetaren Magnetfeldes. Das führt zu der bereits erwähnten Schlußfolgerung, daß an der Magnetopause noch ein zweites, nicht vom Magnetfeld des Sonnenwindes induziertes elektrisches Feld aufgebaut wird. Die Entstehung dieses elektrischen Feldes ist zur Zeit noch weitgehend ungeklärt.

Die Verteilung des magnetosphärischen elektrostatischen Feldes, wie sie in Abb. 5 schematisch dargestellt ist, wirkt auf den ersten Blick etwas verwirrend. Sie ist jedoch leicht verständlich, wenn man davon ausgeht, daß überall in Magnetosphärennähe ein von Morgen zu Abend gerichtetes elektrisches Feld vorhanden ist. Innerhalb des Gebietes der polaren Magnetfeldlinien bleibt diese Orientierung auch bis hin zur Ionosphäre erhalten. Anders ist dies bei den geschlossenen Feldlinien. In Magnetopausennähe hat bei diesen das elektrische Feld natürlich auch die Morgen-Abend-Richtung. Verfolgt man aber diese Feldlinien bis in die Ionosphäre, so kehren sie praktisch ihre Richtung um, und dementsprechend verhält sich auch das elektrische Feld.

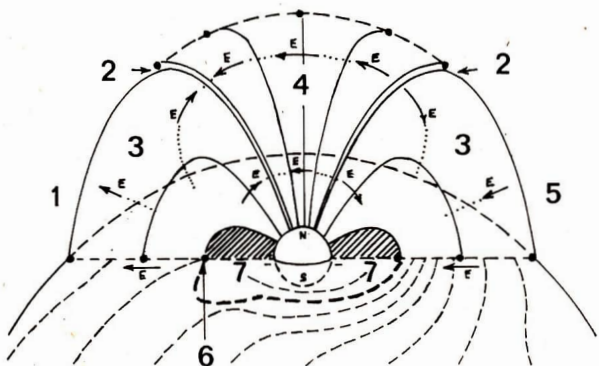


Abb. 5: Schematische Darstellung des großräumigen magnetosphärischen elektrischen Feldes (nach Roederer, 1974).

1 Abend, 2 Polare Kluft, 3 geschlossene Feldlinien, 4 polare Feldlinien, 5 Morgen, 6 Stau punkt, 7 Plasmasphäre

Es wurde bereits erwähnt, daß ein Teil des an der Magnetopause entstehenden elektrischen Feldes eine Folge der Induktionswirkung des vorbeiströmenden interplanetaren Magnetfeldes ist. Damit folgt aber auch, daß sich die Richtung dieses induzierten elektrischen Feldes umkehrt, wenn sich die Richtung des interplanetaren Magnetfeldes umkehrt. Durch Satellitenmessungen im Sonnenwind ist nun bekannt, daß sich dessen Magnetfeld tatsächlich gebietsweise umkehrt. Da nun die Magnetfeldlinien in der Magnetosphäre praktisch elektrische Äquipotentiallinien sind, ist zu erwarten, daß ein an der Magnetopause anliegendes elektrisches Feld sich längs der mit der Magnetopause verbundenen Magnetfeldlinien bis in die Ionosphäre hinein ausbreitet. Damit liegt dann ein äußeres elektrisches Feld an dem elektrisch auch senkrecht zu den Feldlinien gut leitenden Ionosphärenplasma an. Das aber bedeutet, daß als Folge des an der Magnetopause induzierten elektrischen Feldes letztlich in der Ionosphäre elektrische Ströme fließen. Kehrt sich nun mit dem interplanetaren Magnetfeld die Richtung des induzierten elektrischen Feldes um, müssen also auch die ionosphärischen Ströme ihre Richtung umkehren. Die mit der Magnetopause verbundenen Magnetfeldlinien münden in polaren Breiten in der Ionosphäre. Die dort zu erwartenden, sich mit dem Magnetfeld des Sonnenwindes umkehrenden Stromsysteme wurden dort tatsächlich gefunden (Mansurov, 1972) und zwar anhand der von diesen ionosphärischen Strömen verursachten Variationen des Magnetfeldes am Boden. Damit wurde es übrigens möglich, aus derartigen Magnetfeldmessungen der letzten Jahrzehnte den Zustand des Magnetfeldes im Sonnenwind zeitlich zurückzuverfolgen.

Die dritte, bereits kurz erwähnte Quelle des magnetosphärischen elektrischen Feldes ist das in der Ionosphäre entstehende sogenannte dynamo-elektrische Feld. Dieses entsteht dadurch, daß in der Neutralatmosphäre großräumige Windsysteme, z. B. auch Gezeitenbewegungen, ständig vorhanden sind. Diese Winde ziehen als Folge der Stöße zwischen den Elektronen und Neutralteilchen einerseits und den Stößen zwischen Ionen und Neutralteilchen andererseits, die Ionen und Elektronen in verschiedener Weise mit. Daraus resultiert insgesamt ein primärer Strom, der großräumig Elektronen und Ionen auseinanderführt und damit ein elektrisches Feld aufbaut. Dieses elektrische Feld führt nun die von ihm gelenkten Ströme so, daß sich ein Gleichgewichtszustand einstellt und keine weiteren großräumigen Ladungsansammlungen erfolgen. Das so erzeugte elektrostatische Feld hat vor allem einen wesentlichen Einfluß auf die Dynamik des ionosphärischen und auch des plasmasphärischen Plasmas. Wenig bekannt ist bisher über den Einfluß dieser Felder auf den Schweif und die Magnetopause, wohin diese auch in polaren Breiten erzeugten elektrischen Felder längs der polaren Magnetfeldlinien ebenfalls gelangen können. Es ist in den letzten Jahren gelungen, diese ionosphärischen elektrostatischen Felder in Abhängigkeit von den sie erzeugenden Windsystemen analytisch zu be-

rechnen [Möhlmann, 1974]. Der Vergleich mit dem, was aus Messungen über dieses ionosphärische elektrische Feld bereits bekannt ist, hat zu dem Ergebnis geführt, daß großräumige thermosphärische Windsysteme, die in der unteren Atmosphäre in eine Art der atmosphärischen Gezeiten übergeht, die Hauptursache für das ionosphärische elektrische Feld ist. Dabei entsteht in den Morgenstunden eine Ansammlung positiver Ladungsträger (Quelle) in mittleren Breiten und am Abend ist eine Senke (negative Ladungsansammlung) vorhanden, so daß man sagen kann, daß auch das ionosphärische elektrische Feld in der Ionosphäre im Mittel vom Morgen zum Abend zeigt. Die Stärke dieses Feldes liegt bei 10^{-3} V/m.

7. Eine fundamentale Instabilität

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde davon ausgegangen, daß so etwas wie ein mittlerer Zustand der Magnetosphäre in der Art eines Fließgleichgewichts existiert. Dieser mittlere Zustand ist aber ständigen Schwankungen unterworfen, und es gibt eine fundamentale Instabilität dieser Magnetfeld-Plasma-Konfiguration. Diese fundamentale Instabilität der Magnetosphäre ist der sogenannte magnetische Elementarsturm, der aber zumeist mit dem englischen Wort *substorm* bezeichnet wird. In der Tat lassen sich stärkere Störungen des magnetosphärischen Zustandes und insbesondere die großen magnetischen Stürme als Superposition einzelner und wiederholter Elementarstürme verstehen. Dementsprechend sind in den letzten Jahrzehnten sehr viele magnetosphärische Untersuchungen gerade dieser fundamentalen Instabilität der Magnetosphären-Konfiguration gewidmet worden. Allerdings haben diese Bemühungen bis heute noch nicht zu einem vollständigen Verständnis der *substorm*-Prozesse geführt.

Ein *substorm* läuft in verschiedenen Phasen ab. Die erste ist hierbei die sogenannte Wachstumsphase. Sie ist charakterisiert durch eine teilweise Einwärtsbewegung der Magnetopause auf der Tagesseite und einem damit verbundenen Transport magnetischer Energie (Feldlinien) von der Tagesseite über die Polarkappe in Richtung des geomagnetischen Schweifes. Gleichzeitig damit sinkt die Kluft in niedrige Breiten hinein ab. Auf der Nachtseite erhöht sich während dieser Phase die magnetische Energiedichte, was auch bedeutet, daß insbesondere die im Schweif fließenden Ströme spürbar anwachsen. Gleichzeitig wird dadurch das warme Plasma der Plasmaschicht zusammengedrückt. Die in dieser Phase ablaufenden Erscheinungen sind also relativ gut bekannt, es ist jedoch nach wie vor umstritten, wodurch diese Prozesse ausgelöst werden. So ist zwar eine enge Korrelation zwischen dem Einsetzen der Wachstumsphase und dem Südwärts-Schwenken des interplanetaren Magnetfeldes bekannt, es ist aber noch offen, ob diese Schwenkung eine nur notwendige oder gar schon hinreichende Bedingung ist.

Die nächste wichtige Phase eines *substorms* ist die nun folgende explosive Phase, während dieser die bis dahin im Schweif angesammelte Magnetfeldenergie plötzlich in kinetische Energie der Teilchen und über elektrische Ströme in Joulesche Wärme umgewandelt wird. So fließen ungefähr $2 \cdot 10^{16}$ Ws in die Polarlichtzone der Atmosphäre. Dem entspricht eine starke Abnahme des Magnetfeldes im Schweif. Die gesamte Magnetfeldkonfiguration wird wieder deutlich dipolartiger. Die Plasmaschicht dehnt sich wieder aus. Verbunden mit den in der Ionosphäre fließenden Strömen sind die auch am Boden gut beobachtbaren magnetischen Variationen, die in dieser Phase derart stark sind, daß sich die Bezeichnung magnetischer Sturm eingebürgert hat. Verbunden mit diesen magnetischen Störungen ist das Auftreten starker Polarlichter, die eine Folge des Flusses stark beschleunigter Teilchen in die Atmosphäre sind.

Die den *substorm* abschließende Phase ist die Erholungsphase, während der sich wieder das mittlere magnetosphärische Fließgleichgewicht einstellt.

Wenngleich die Prozesse in den einzelnen Phasen und das Ablaufschema des *substorms* gemäß dem eben Geschilderten relativ gut bekannt sind, so sind doch zum großen Teil noch die jeweils notwendigen Voraussetzungen zum Ablaufen dieser Prozesse unbekannt. So ereignet es sich durchaus, daß eine Wachstumsphase auftritt, die dann im Schweif angesammelte Energie aber nicht explosionsartig, sondern langsam und dissipativ wieder umgewandelt wird.

Das zum tieferen Verständnis der Dynamik der Magnetosphäre unbedingt notwendige Verstehen und Durchschauen der fundamentalen magnetosphärischen Instabilität „*substorm*“ ist übrigens durchaus auch von Interesse für andere Probleme der angewandten Physik. Schließlich treten während eines *substorms* elementare Energieumwandlungen, z. B. von kinetischer Energie in Magnetfeldenergie auf, interessant ist ebenso die Speicherung von Energie in einer relativ stabilen Magnetfeldkonfiguration. Die auftretenden Teilchenbeschleunigungen sind weiterhin wohl ebenso von Interesse wie die direkte Umwandlung von magnetischer Energie in kinetische Teilchenenergie während der sogenannten „*reconnection*“ der an der tagesseitigen Magnetopause „aufgerissenen“ Feldlinien in der magnetischen Neutralschicht des Schweifs. Derartige Prozesse treten übrigens auch in anderen kosmischen

Plasmen, z. B. auch dem der Sonnenatmosphäre auf. Ihre Untersuchung ist daher durchaus von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse.

Der Substorm ist ein auffälliges Beispiel der Kopplung von Ionosphäre und Magnetosphäre. Letztlich wird ja die gesamte aus der Umströmung des Sonnenwindes kommende Energie, die sich als Magnetfeldenergie im Schweif ansammelt, vor allem in Wärmeenergie in der elektrisch leitenden Ionosphäre umgewandelt. In nicht so drastischer Weise, aber immerhin doch noch einen spürbaren Teil zum gesamten Energiehaushalt der oberen Atmosphäre gebend, wirkt sich ein anderer Kopplungsmechanismus zwischen Ionosphäre und Magnetosphäre aus. Es ist dies die schon erwähnte ständige Präzipitation energetischer Teilchen in der Atmosphäre. Diese wird hauptsächlich durch die resonanten Wellen-Teilchen-Wechselwirkungen aufrechterhalten. Diese sind übrigens nicht nur für die Magnetosphärenphysik von Interesse. Der weitere Ausbau gerade dieser nichtlinearen Effekte in Plasmen ist ein direkter Beitrag zur weiteren Entwicklung der Physik.

Literatur

- Wagner, C.-U., 1974, Z. f. Meteorologie 24, 9–12, S. 273. — Parker, E. N., 1958, Astrophys. J. 128, 664. — Hayes, W. D., Probst, R. F., 1959, Hypersonic Flow, Academic Press, New York. — Chapman, S., Ferraro, V. C. A., 1931, J. Terr. Magnetism Atmos. Elec. 36, 77, 171, 1940, Terr. Magnetism Atmos. Elec. 45, 245. — Williams, D. J., Mead, G. D., 1965, J. Geophys. Res. 70, 13, 3017. — Choe, J. Y., Beard, D. B., 1973, University of Kansas, Space Plasma Physics Report. — Sugita, M., 1972, J. Geophys. Res. 77, 31, 6093. — Smith, P. H., Hoffman, R. H., 1972, NASA-GSFC preprint X-646-72-241. — Frank, L. A., 1970, J. Geophys. Res. 75, 1263–1268. — Krause, F., Rädler, K.-H., 1971 in Ergebnisse der Plasma-Physik und Gaselektronik, II, Akademie-Verlag, Berlin. — O'Brien, B. J., 1964a, in Space Physics, Wiley, New York, p. 505. — Roederer, J. G., 1970, Dynamics of Geomagnetically Radiation, Springer-Verlag. — O'Brien, B. J., 1962, J. Geophys. Res. 67, 3687. — O'Brien, B. J., 1964b, J. Geophys. Res. 69, 13. — Northrop, T. G., 1963, The Adiabatic Motion of Charged Particles, Wiley-Interscience, New York. — Kellogg, P. J., 1959, Nature, 183, 1295. — Fälthammar, C. G., 1965, J. Geophys. Res. 70, 2503. — Schulz, M., Lanzerotti, L. J., 1973, Particle Diffusion in the Radiation Belts, Springer-Verlag, New York. — Thorne, R. M., 1972, in Critical Problems of Magnetospheric Research, E. R. Dyer, Ed. IUCSTP Secretariat, National Academy of Sciences, Washington, p. 211. — Alfvén, H., Fälthammar, C. G., 1963, Cosmic Electrodynamics, Oxford University Press. — Storey, L. R. O., 1953, Phil. Trans. Roy. Soc. (London) A 246, 113. — Roederer, J. G., 1974, The Earth's Magnetosphere, Science, 11, 183, pp. 37–46. — Heppner, J. P., 1972, in Critical Problems of Magnetospheric Research, E. R. Dyer, Ed. IUCSTP Secretariat, National Academy of Sciences, Washington. — Mansurov, S. M., Bassolo, V. S., Shabanski, B. P., Izzledov, Geom. Aeron., Fiz. Solnza, 23, 125. — Möhlmann, D., 1974, Gerlands Beitr. Geophys. 23, 101. —

Wetterbildempfang der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“, Berlin

KARL-HEINZ NEUMANN

Bisherige Entwicklung:

Im Jahre 1968 gelang es, an der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“, ein gemeinsames Unternehmen des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR und der Redaktion der Tageszeitung „Junge Welt“ ist, erstmalig Wetterbilder aufzuzeichnen. Es handelte sich hierbei um Wetterbilder von ESSA- bzw. dem ITOS-1-Satelliten. Der funktionsfähige Empfang war schon ein Jahr früher möglich, allerdings schlugen alle Versuche fehl, die Wetterbilder aufzuzeichnen. Diese Möglichkeit ergab sich erst, nachdem die Satellitenbeobachtungsstation einen sowjetischen Bildschreiber vom Typ NEWA erhielt.

Die Anlage hatte damals folgenden Aufbau: Zum Empfang der Signale wurde eine selbstgebaute Wendelantenne eingesetzt, deren geometrische Abmessung auf die Frequenz von 137 MHz abgestimmt war. Diese Wendelantenne stand in azimutaler Montierung auf dem zur Station gehörenden Dachgarten und mußte mit der Hand nachgeführt werden. Aus dem Empfänger, einem Feldstärkemesser vom Typ FSM-3, wurde dann die ZF herausgeführt und auf eine ebenfalls wieder selbst gebaute Verstärkeranlage, die das ZF-Signal und das danach umgewandelte NF-Signal verstärkte, gegeben. Das Signal gelangte dann in den NEWA-Schreiber.

Auch der NEWA-Schreiber mußte umgebaut werden. Die Satelliten sendeten mit 240 Zeilen pro Minute. Die auf dem NEWA-Schreiber vorhandene Umlaufgeschwindigkeit der Walze mit dem Fotopapier betrug entweder eine Umdrehung pro Sekunde oder 4,18 Umdrehungen pro Sekunde. Der Satellit sendete aber mit 4 Zeilen pro Sekunde. Da eine mechanische Veränderung im Getriebe zu dieser Zeit nicht möglich war, wurde der Versuch gemacht, durch geringfügige Veränderungen mechanischer Art an der Steuerstimmabbel des Bildempfängers auf die notwendige Umdrehungszahl von vier Umdrehungen pro Sekunde zu kommen. Der Versuch gelang. Da aber der Vorschub der Aufzeichnungsplatte mechanisch erfolgte und nicht verändert werden konnte, waren die Ende der sechziger und Anfang der siebziger Jahre empfangenen Wetterbilder nicht quadratisch, wie in ihrer eigentlichen Form, sondern rechteckig, wobei die in Richtung der Bewegung des Satelliten

verlaufende Kante kürzer war als die querverlaufende Zeile. Daher waren die Bilder in der Längsachse etwas zusammenge-drückt, was aber bei ihrer Auswertung und der Orientierung auf diesen Bildern nicht störte.

Ersichtlich war, daß die Wetterbildaufnahmen auch ohne Anwendung eines Antennenverstärkers gelangen. Eine Reihe dieser ersten Bilder sind damals in „Astronomie und Raumfahrt“ (1968/4) gezeigt worden.

Die Aufnahme der Wetterbilder nach dieser Methode erwies sich als sehr zeitaufwendig. Die Gründe dafür sind:

1. Der Verlauf der Überflughöhe der Satelliten mußte genau berechnet werden.
2. Die Antenne mußte mit der Hand nachgeführt werden, was einen Zeitaufwand von etwa 20 Minuten für jeden Durchgang erforderte.
3. Die Entwicklung der Bilder erfolgte in kommerzieller Weise und war deshalb ebenfalls mit einem Zeitaufwand von mindestens 10 bis 15 Minuten für jedes Bild verbunden.

Dieser relativ hohe Zeitaufwand erlaubte es nicht, kontinuierlich Wetterbilder aufzuzeichnen. Der Empfang mußte sich deshalb auf sporadische Beobachtungen beschränken. Trotzdem konnte bezüglich der Beobachtung der Eis- und Schneegrenzen, der Sonnenspiegelungen im Meer sowie besonderer meteorologischer Erscheinungen eine ganze Reihe von Erfolgen erzielt werden.

Wetterbildempfang ab Anfang April 1974

Ende 1973 stellte unserer Station das Zentralinstitut für wissenschaftlichen Gerätebau leihweise einen Ein-Kanal-Empfänger vom Typ APT 137/3 zur Verfügung. Auf diesem Wege sei dem Institut nochmals der Dank ausgesprochen. Mit diesem Empfänger wurden erste Experimente der Aufzeichnung des Wettersatelliten ESSA 8 (nach oben begründeter längerer Pause) ausgeführt. Der Satellit ESSA 8 übertrug infolge der schon relativ langen Einsatzdauer Bilder, die im Kontrast sehr stark nachgelassen hatten. Da auch hier die Wendelantenne, die manuell nachgeführt werden mußte, zum Einsatz kam, war ein kontinuierlicher Empfang rein zeitlich zu aufwendig. Die zu dieser Zeit arbeitenden Satelliten NOAA-2 bzw. NOAA-3 sendeten mit einer Zellenfrequenz von 96 Zeilen pro Minute. Diese Bilder ließen sich mit unserer NEWA-Anlage nicht aufnehmen.

Wir wurden gebeten, Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeit eines derartigen Empfängers im Nahbereich eines starken Senders (Fernsehturm) zu machen. Es wurden deshalb über mehrere Monate lediglich die Signale mit einem Linienschreiber aufgezeichnet. Es konnte nachgewiesen werden, daß die Leistungsfähigkeit der Empfangsanlage, die ohne Antennenverstärker eingesetzt worden war, einen einwandfreien Signalempfang – sogar ohne Nachführung der Wendelantenne – bis zu 15 Minuten und mehr ermöglichte. Lediglich dann, wenn der Satellit zu weit aus dem Empfangsbereich der Antenne herauswanderte bzw. in Horizontnähe gelangte, „drückte“ das Rauschen bzw. der Fremdsender das Signal weg.

Eine grundsätzliche Wandlung in der Überprüfbarkeit des Einflusses eines starken Senders ergab sich durch das freundliche Entgegenkommen des Aerologischen Observatoriums des Meteorologischen Dienstes der DDR in Lindenberg, wofür wir auch hier nochmals unseren Dank aussprechen möchten. Von dieser Institution erhielten wir leihweise einen Zwei-Kanal-Empfänger, einen für den Empfang der NOAA-Satelliten umgebauten NEWA-Empfänger sowie eine Kreuzdipolantenne mit zwei Antennenverstärkern für die beiden Eingangskanäle.

Ab Anfang April 1974 ergab sich damit die Möglichkeit einer fast kontinuierlichen Wettersatellitenbeobachtung. Aufgenommen werden konnten Bilder der beiden US-Wettersatelliten NOAA-2 und NOAA-3 sowie nach dem Start des sowjetischen Wettersatelliten Meteor 18 auch von ihm gesendete APT-Bilder.

Bekanntlich senden die NOAA-Satelliten gleichzeitig ein Infrarotbild sowie ein Bild im sichtbaren Bereich des Spektrums. Bei normaler Aufzeichnung liegen beide Bilder als schmale Streifen nebeneinander. Der Wetterbildempfänger „NEWA“ ist im Observatorium Lindenberg so umgebaut worden, daß es durch die Betätigung eines Schalters möglich ist, wahlweise das TV- oder das IR-Bild aufzuzeichnen. Dabei ist jedes der beiden Bilder um das Doppelte verbreitert. Die beim normalen Empfang auftretenden sehr starken Verzerrungen bezüglich der geographischen Längen werden damit um die Hälfte reduziert. Im Bildmittelfeld sind die geographischen Konturen den Landkartenbildern sehr ähnlich. Starke Verzerrungen gibt es aber zum Rand hin. Die Satelliten tasten die gesamte von ihnen aus sichtbare Oberfläche Zelle für Zelle ab. Damit entsteht ein Bild der vom Satelliten überflogenen Erdoberfläche in Zylinderprojektion.

Schablonen für beide Satelliten mit jeweils etwa 15 Minuten Zeitabstand des Bildbeginns mit eingezeichneten geographischen Koordinaten gestatten auch bei sehr starkem Wolkenbedeckungsgrad – wie er vor allem im September und Oktober 1974 über Mitteleuropa auftrat – eine schnelle Orientierung über die Lage von Tiefdruckgebieten.

Der sowjetische Satellit Meteor 18 sendet ebenfalls APT-Bilder. Nach Bekanntwerden der Sendefrequenz am 23. 7. 74 konnten bereits die ersten Bilder mit dem NEWA-Gerät aufgezeichnet werden. Seine Zellenfrequenz beträgt 240 pro Minute. Mit dem Vorschub der Bildaufzeichnungslampe, wie er bei den NOAA-Satelliten angewendet wird, ergeben sich ebenfalls im zentralen Teil Bilder, die sich direkt mit Landkarten vergleichen lassen. Nach den Rändern zu ergibt sich eine allerdings geringere Verzerrung bezüglich der geographischen Längen. Meteor 18 tastet nicht die gesamte von ihm aus sichtbare Erdoberfläche ab. Dieser Satellit „überblickt“ nur einen Streifen von etwa 3000 km.

Der Bildmaßstab ist um mehr als das Doppelte größer als der der NOAA-Satelliten. Das Auflösungsvermögen, vor allem was Details der Wolkenstrukturen und der Erdoberfläche betrifft, ist demzufolge bedeutend höher als bei den APT-Sendungen der NOAA-Satelliten. Die Bildbeispiele (Abb. 1–3) beweisen dies.

In unserer Bildbeilage sind einige Beispiele von interessanten Besonderheiten der Wetterbilder wiedergegeben. Wir finden hier auf den TV-NOAA-Bildern Beispiele für Sonnenspiegelungen im Meer. Hierbei erscheinen die Landgebiete dunkel gegenüber dem aufgetragenen Meer. Im Meer stellen dunklere Gebiete Tiefseegräben bzw. andere Vertiefungen dar (vgl. Abb. 4 und 5). Auf den Bildern von April 1974 ist deutlich zu erkennen, daß die nördliche Ostsee noch von Eis bedeckt ist (vgl. Abb. 6). Das Bild vom 23. 10. 1974 (Abb. 7) soll charakteristisch für außerordentlich intensive Tiefdruckgebiete sein, die die extreme Kalt- und Schlechtwetterlage der Monate September und Oktober erzeugten. Die Infrarotaufnahme (Abb. 8) läßt Land- und Meergebiete deutlich unterschiedlich erscheinen.

Es sei noch erwähnt, daß auch Tonbandaufzeichnungen der Bilder möglich sind. So kann z. B. ein in TV aufgenommenes Bild bei gleichzeitiger Tonaufnahme auf Band in IR beim Abspielen auf dem NEWA-Gerät wiedergegeben werden. Von Tonbandaufzeichnungen lassen sich beliebig viele Tonbandkopien eines Bildes im TV- oder IR-Bereich herstellen.

Abb. 1:
Meteor 18
1974 Aug. 28 8^h47^{min}



Abb. auf S. I—IV zum
Beitrag S. 47
Wetterbildempfang

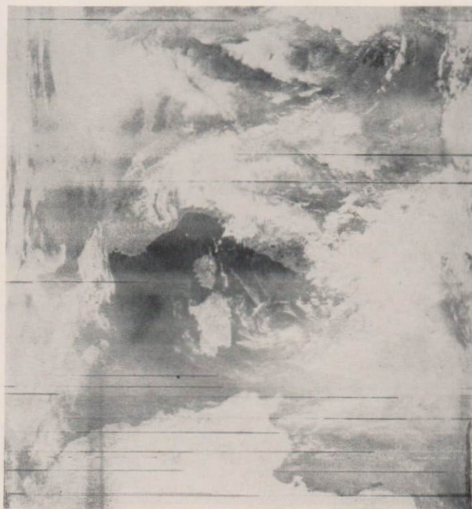


Abb. 2:
Meteor 18
1974 Aug. 29 10^h27^{min}



Abb. 3, oben: Meteor 18, 1974 Aug. 27 12^h19^m — Abb. 4, unten: TV, 1974 Juli 3 10^h11^m

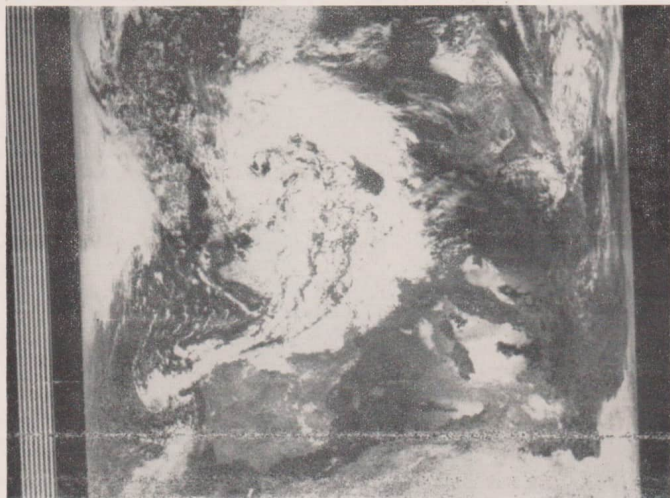


Abb. 5: TV
1974, Mai 13
9^h17^{min}

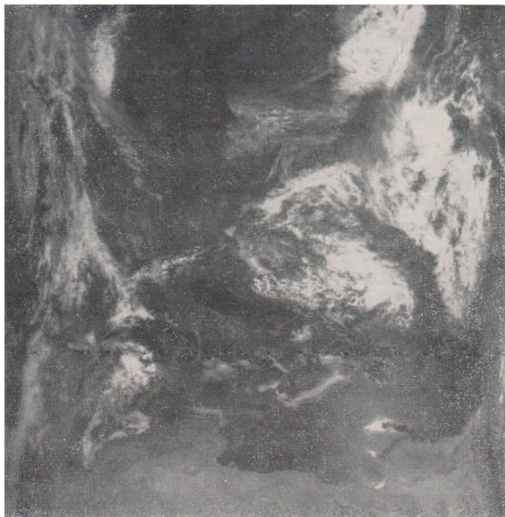


Abb. 6: TV
1974, April 11
10^h33^{min}

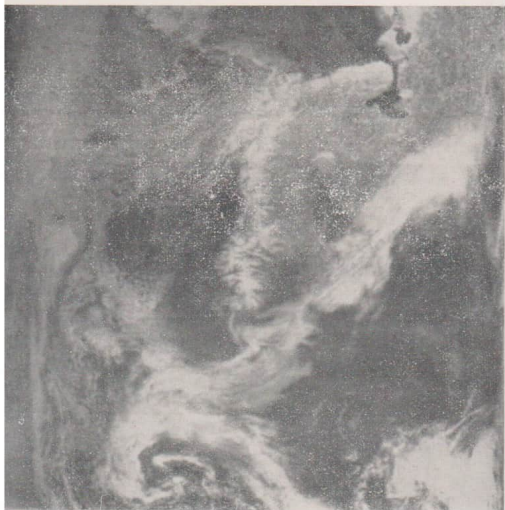




Abb. 7: TV
1974, Okt. 23
9^h33^{min}



Abb. 8: IR
1974, Juli 4
9^h07^{min}

Amateure beobachten und berichten

Zur Phänomenologie der Planetenbewegungen

Die ausgezeichneten Planetenstellungen aus heliozentrischer und geozentrischer Sicht

ARNOLD ZENKERT

Bis in das 17. Jahrhundert hinein bildeten die scheinbaren (geozentrischen) und wirklichen (heliozentrischen) Planetenbewegungen die zentrale Thematik der Astronomie. Während man im geozentrischen Weltbild des Ptolemäus Schein und Wirklichkeit nicht auseinanderzuhalten vermochte, konnte Copernicus mit seinem heliozentrischen Weltbild die scheinbaren Planetenbewegungen durch die wirklichen erklären. Für die methodische Darstellung dieser Problematik genügte im geozentrischen Weltbild eine Darstellung, das Erscheinungsbild. Im heliozentrischen Weltbild dagegen ist neben dem Erscheinungsbild noch das Interpretationsbild, das die heliozentrischen (wirklichen) Verhältnisse charakterisiert, erforderlich.

Sowohl in der Amateurastronomie, der populärwissenschaftlichen und der Schul-Astronomie bilden die Bewegungen der Planeten mit ihren ausgezeichneten Stellungen, wie obere und untere Konjunktion, größte Elongation, Opposition und Konjunktion, eine besondere Rolle. Zur Erarbeitung und Veranschaulichung der genannten Stellungen geht man von den heliozentrischen Verhältnissen aus. Bei der Beobachtung dieser Bewegungen muß aber der geozentrische Standpunkt eingenommen werden. Da wir die wahren Bewegungen nur aus den beobachteten erschließen können, müssen wir die Beziehungen zwischen beiden untersuchen und darstellen. Erst durch die Synthese zwischen wahren und scheinbaren Planetenbewegungen bemerkt man die differenzierten Bewegungsbilder vor und nach den ausgezeichneten Stellungen.

Im folgenden wird der Versuch unternommen, die geozentrischen und heliozentrischen Stellungen sowie die Bewegungsabläufe vereinfacht und systematisiert darzustellen. Für die praktische Arbeit ist die Sichtbarkeit der Planeten von Bedeutung, die stets vom Winkelabstand zwischen Sonne und Planet – gleich, ob es sich um einen inneren oder äußeren Planeten handelt – abhängt. Hauptanliegen dieses Beitrages ist es, nicht nur die verschiedenen Planetenstellungen gegenüberzustellen, sondern vielmehr die Bewegungsabläufe in geozentrischer und heliozentrischer Sicht.

In allen Fällen bewegt sich die Sonne bzw. „Gegensonne“ im rechtläufigen Sinne in der Ekliptik. Betrachtet man die scheinbaren Bewegungsabläufe der Planeten im Zusammenhang mit der scheinbaren und nahezu gleichbleibenden jährlichen Bewegung der Sonne (die unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Aphel und Perihel spielen dabei keine Rolle), so ergeben sich sehr unterschiedliche Bewegungsbilder, die in Abb. 1 dargestellt werden.

Der Vergleich der sechs Hauptstellungen der Planeten zeigt ein recht unterschiedliches Bild. Dies wird durch die Stellung der Erde, je nachdem, ob es sich um einen inneren oder äußeren Planeten handelt, und durch die Bahngeschwindigkeiten der Planeten bedingt bzw. variiert.

Ähnliche Bezeichnungen, wie z. B. bei der Konjunktion, dürfen nicht dazu verleiten, einen ähnlichen geozentrischen Ablauf zu sehen. Am deutlichsten wird der Unterschied bei der oberen Konjunktion eines inneren Planeten und der Konjunktion eines äußeren Planeten sichtbar: In beiden Fällen befindet sich der Planet von der Erde aus gesehen „hinter“ der Sonne. Dennoch unterscheidet sich der geozentrische Ablauf grundlegend. Im ersten Falle überholt der Planet rechtläufig die Sonne und wechselt vom Morgen- zum Abendhimmel über. Im zweiten Falle überholt die Sonne den Planeten, und es vollzieht sich der Wechsel des Planeten vom Abend- zum Morgenhimmel.

Aus der Abb. lassen sich auch Gemeinsamkeiten und Ähnlichkeiten herausfinden, wie z. B. zwischen der unteren Konjunktion und der Opposition. Bei diesen heliozentrischen Erscheinungen, wo der rascher laufende innere Planet die Erde bzw. die Erde den äußeren Planeten überholt, entstehen Planetenschleifen. In beiden Fällen befinden sich die Planeten in der größten Erdnähe. (Auf geringfügige Abweichungen infolge der Bahnexzentrizität soll hier nicht eingegangen werden).

Die Verhältnisse bei den größten Elongationen der inneren Planeten sind im Zusammenhang mit dem geozentrischen Ablauf vor und nach der unteren Konjunktion zu sehen. Größte Elongation bedeutet

Abb. 1: Übersicht über die ausgezeichneten Stellungen der Planeten.

Die Länge der Pfeile kennzeichnet die unterschiedliche scheinbare Geschwindigkeit des Planeten am Himmel.

☉ = Sonne, E = Erde, P = Planet.

Heliozentrische Stellung	Geozentrische Sonne	Erscheinung Planet	Planetensichtbarkeit	Schematische Darstellung heliozentrisch	geozentrisch	Bemerkungen
Untere Konjunktion	rechtläufig	rückläufig	Nicht sichtbar Planet wechselt vom Abend-zum Morgenhimmel über			Größte Erdnähe des Planeten Konjunktionsschleife Durchgang möglich Phase ähnlich dem Neumond
Obere Konjunktion	rechtläufig	rechtläufig überholt die Sonne	Nicht sichtbar Planet wechselt vom Morgen-zum Abendhimmel über			Größte Entfernung des Planeten von der Erde Phase ähnelt dem Vollmond
Größte östliche Elongation	rechtläufig	rechtläufig	Günstigste Abendsichtbarkeit			Wechsel zur Rückläufigkeit erst später Phase ähnlich dem Mond im Ersten Viertel
Größte westliche Elongation	rechtläufig	rechtläufig	Günstigste Morgensichtbarkeit			Rückläufigkeit war vorher Phase ähnelt dem Mond im Letzten Viertel
Konjunktion	rechtläufig überholt den Planeten	rechtläufig	Nicht sichtbar Planet wechselt vom Abend-zum Morgenhimmel über			Größte Entfernung des Planeten von der Erde
Opposition	rechtläufig ("Gegensonne")	rückläufig	Die ganze Nacht hindurch sichtbar Kulmination um Mitternacht			Größte Erdnähe des Planeten Oppositionsschleife

Innere Planeten

Äußere Planeten

keinen Wechsel der scheinbaren Bewegung. Dieser Wechsel tritt, wie in der Übersicht angeführt, bei der größten östlichen Elongation einige Zeit später ein; bei der größten westlichen Elongation war dies bereits einige Zeit vorher der Fall. Der Wechsel der scheinbaren Bewegungsrichtung (Stillstand) tritt bei Venus rund 3 Wochen vor bzw. nach der unteren Konjunktion ein. Bei Merkur vollziehen sich die Bewegungsabläufe infolge der wesentlich kürzeren synodischen Umlaufzeit von 115,9 Tagen viel rascher.

Bei den inneren Planeten fällt der größte Glanz nicht mit der Phase der größten Elongation („Halbmond“) zusammen, sondern liegt bei Venus etwa 35 Tage vor und nach der unteren Konjunktion.

Hinsichtlich der Planetensichtbarkeit nimmt die Opposition eine gewisse Sonderstellung ein. Bei dieser Hauptstellung fällt die Blickrichtung nicht zur Sonne, sondern auf einen Punkt, der um 180° gegenüber der Sonne versetzt ist („Gegensonne“). Somit liegt die Oppositionsstellung eines Planeten im Bereich der günstigsten Sichtbarkeit.

Für die Stellung der „Gegensonne“ gelten folgende Merkmale: Sichtbar während der ganzen Nacht, Kulmination um 0 Uhr, Aufgang bei Sonnenuntergang, Untergang bei Sonnenaufgang. Scheinbarer Ort der Sonne vor einem halben Jahr bzw. in einem halben Jahr.

Die in der Abb. befindlichen zeichnerischen Darstellungen sind stark schematisiert und sollen der Herausbildung einfacher Strukturen (Tafelbilder) für die geozentrischen und heliozentrischen Stellungen dienen.

Das Verständnis für diese Sachverhalte setzt die sichere Handhabung des „Kalenders für Sternfreunde“ voraus. Für die Veranschaulichung und Aktualisierung ist eine Karte der Tierkreiszone sowie eine heliozentrische Darstellung des Sonnensystems zu empfehlen.

Junge Amateure

Perseidenbeobachtung 1975

der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“, Potsdam

Für die Perseidenbeobachtungen 1975 waren Absprachen verschiedener Sternfreunde vorausgegangen. Es beteiligten sich insgesamt sieben Beobachter bzw. -gruppen. Für die Auswertung wurde das Material von vier Kollektiven herangezogen, um einige grundsätzliche Aussagen über die Beobachtungen machen zu können. Die meisten der Beteiligten führten solche Beobachtungen zum ersten Male durch, so daß sich doch teilweise recht erhebliche Unterschiede zeigten. Es soll hier eine kleine Auswertung gegeben sowie auf einige daraus resultierende Erfahrungen eingegangen werden.

1. Auswertung der gewonnenen Ergebnisse

1.1. Die Frage nach der Lage und der Art des Maximums ließ sich aus den Beobachtungsdaten mehrerer Gruppen eindeutig beantworten (Abb. 1). Wegen der sehr unterschiedlichen absoluten Meteorzahl für die einzelnen Gruppen (18 bis 76 pro Stunde) wurde dem Maximum der Wert 100 zugeordnet und die Tätigkeit an den übrigen Tagen damit verglichen. Es zeigt sich, daß vor dem Maximum von allen Beobachtern um die Hälfte weniger Meteore registriert wurden, und daß ein spitzes Maximum vorliegt.

1.2. Bei der Verteilung der beobachteten Meteore über die Helligkeiten treten die Unterschiede zwischen den Gruppen recht deutlich hervor. Ursachen sind Umwelteinflüsse (Lichtquellen, Dunst, Wolken usw.), jedoch machen sich hier auch Erfahrungen beim Helligkeitsschätzen bemerkbar. Erfahrungsgemäß werden schnell bewegte Objekte zu hell eingeschätzt. Selbst bei besten Bedingungen (z. B. für die Potsdamer Gruppe) wurden Helligkeiten von $+6^m$ nur sehr zaghaft angegeben, obwohl solche Meteore zweifellos sichtbar waren (s. Abb. 2). Wie groß die Unterschiede zwischen den Beobachtern einer Gruppe bei gleichen Bedingungen sein können, zeigt Abb. 3.

1.3. Die interessante Radiantenermittlung wurde völlig fallengelassen, da für die Eintragungen zu unterschiedliche Sternkarten benutzt wurden und außerdem die Meteorbahnen nicht einfach als

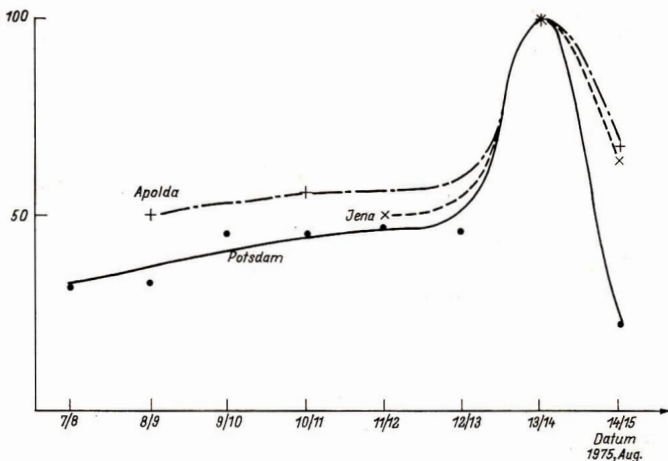


Abb. 1: Beobachtung der Aktivität der Perseiden 1975. Das Maximum ist für alle Gruppen 100 gesetzt worden. In der Nacht vom 13. zum 14. August wurden überall fast doppelt soviel Meteore stündlich registriert, wie an den Vortagen.

Abb. 2: Helligkeitsverteilung Gruppe „Schmergow“. Kurven sind graphisch ausgeglichen.

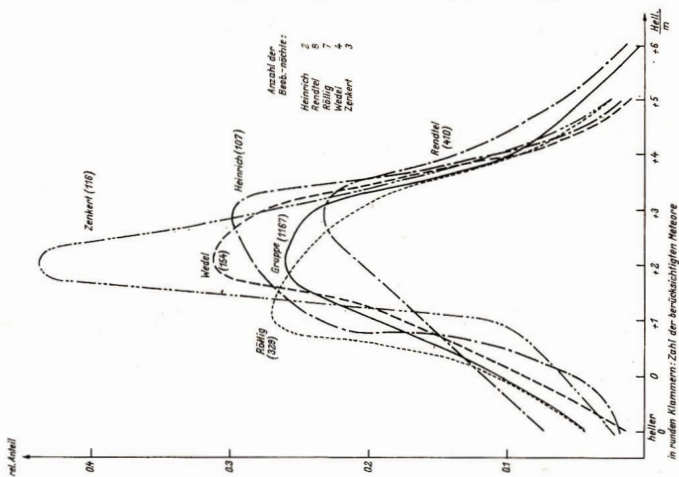
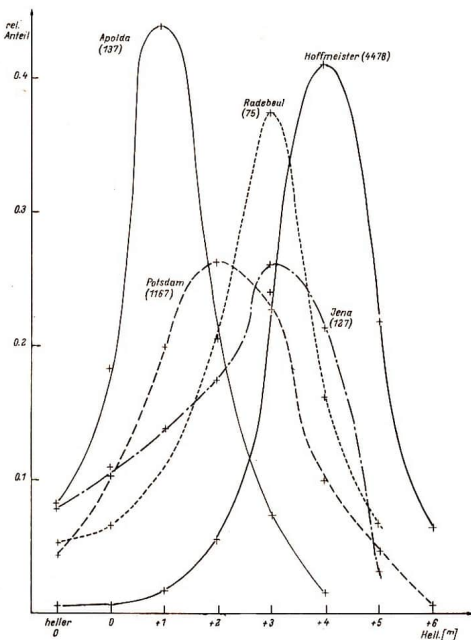


Abb. 3:

Verteilung der Meteore über die Helligkeiten. Als Vergleich wurden Ergebnisse von Hoffmeister herangezogen (Hoffmeister, C.: Die Meteore. Leipzig 1937). In Klammern die Anzahl der berücksichtigten Meteore.



Gerade in die Sternkarten eingetragen werden können. Diese Krümmung macht sich gerade bei weit vom Radianten entfernten Erscheinungen bemerkbar, während die Abweichungen in einem gewissen Bereich (je nach geforderter oder vorliegender Genauigkeit) sicher zu vernachlässigen sind.

1.4. Fotografien von Meteoren besitzen in der Regel Zufallscharakter. Es sind dazu mehrere, sich zum Teil widersprechende Forderungen zu erfüllen:

a) hochempfindliches Filmmaterial, b) großes Feld (relativ kurze Brennweite), c) großer Abbildungsmaßstab (längere Brennweite), d) großes Negativformat (Planfilm, Platte, 6-cm-Film), e) wenig Aufwand für Bildwechsel (Kleinbildfilm oder Rollfilm), f) große Lichtstärke (1 : 2, 1 : 2,8).

Während unserer Beobachtungen bei Potsdam verglichen wir die folgenden Objektive: 2,8/135 mm, 2/50 mm, 2,8/29 mm. Dabei wurden folgende Grenzgrößen abgeschätzt: +1^m, 0^m und -1^m. Der Gewinn an Helligkeit mit längerer Brennweite wird allerdings mit einem Nachteil an Feldgröße erkauft, so daß man hier Kompromisse schließen muß.

2. Schlußfolgerungen und Anregungen

2.1. Beobachtungen von Meteorströmen sollen nach Möglichkeit vor dem erwarteten Maximum beginnen und erst danach enden. Eine bessere Aussage läßt sich treffen, wenn jede der Beobachtungen den gleichen Zeitraum umfaßt (z. B. stets von 21 bis 24 Uhr).

2.2. Die Helligkeitsschätzungen lassen sich „trainieren“. Es eignen sich dazu nicht nur Meteore, sondern auch Satelliten, insbesondere „blitzende“. Die Möglichkeiten, die ein Planetarium bietet, sollte man – soweit vorhanden – einbeziehen (z. B. Satellitenprojektor). Mehrere Beobachter sollen ihre Schätzungen vergleichen.

2.3. Die Eintragungen in Sternkarten müssen vorher genau abgesprochen werden. Bewährt hat sich bisher die Methode, nur die Bahn (mit Richtungspfeil) in die Sternkarte einzutragen und mit fortlaufender Nummer zu versehen, am Rande unter dieser Zahl die Zeit, Helligkeit, eventuelle Stromzugehörigkeit, besondere Erscheinungen usw. in stets gleicher Reihenfolge unter Verwendung von Abkürzungen anzufügen. Für jedes Stundenintervall verwendeten wir eine neue Sternkarte, was die Auswertungen sehr erleichterte. Die Stromzugehörigkeit wurde vom Beobachter gleich am Himmel festgestellt, so daß unabhängig von den Problemen bei der Radiantenermittlung einige Aussagen über Anteil und Variation von Strommeteoren möglich sind.

2.4. Die Vorbereitungen für eine Meteorbeobachtung müssen bereits frühzeitig begonnen werden (Auswahl des Ortes, Absprache der Beobachter, Aufgabenstellung und Durchführung.), wobei alle Apparaturen, die eingesetzt werden sollen, vorher einige Male getestet sein sollten. Obwohl 1976 wenig Gelegenheit für eine wertvolle Perseidenbeobachtung sein wird (Mondphase), wäre eine Absprache etwaiger Interessenten wünschenswert. Sie können sich an die folgende Adresse wenden: Astronomisches Zentrum „Bruno H. Bürgel“, 15 Potsdam, Neuer Garten.

JÜRGEN RENDTEL

Meine Venusbeobachtungen 1975

An Hand dieses Beitrages soll gezeigt werden, was mit einem kleinen Fernrohr 50/540 erreicht werden kann, wenn man mit Fleiß und Ausdauer zu Werke geht. Es war Ziel der Phasenbeobachtungen, den Zeitpunkt der scheinbaren Dichotomie, d. h. den Zeitpunkt, zu dem die „Scheibe“ der Venus genau halbiert erscheint, zu erfassen. Weiterhin ging es mir darum, die Abweichung meiner Beobachtung von der Vorausberechnung im „Kalender für Sternfreunde 1975“ festzustellen. Der Phasenwinkel wurde aus den ausgemessenen Venuszeichnungen heraus nach bekannter Weise berechnet.

Phasenwinkel $i_b = \sin i' = \frac{q}{r}$ $i_b = 90^\circ - i'$ bei erhabener Venus
und

$i_b = 90^\circ + i'$ bei sichelförmiger Venus.

Alle Beobachtungen vom 12. 2. 75 bis 7. 7. 75 wurden am 50/540 (Carl Zeiss Jena) Selbstbaurefraktor bei 34facher Vergrößerung ausgeführt.

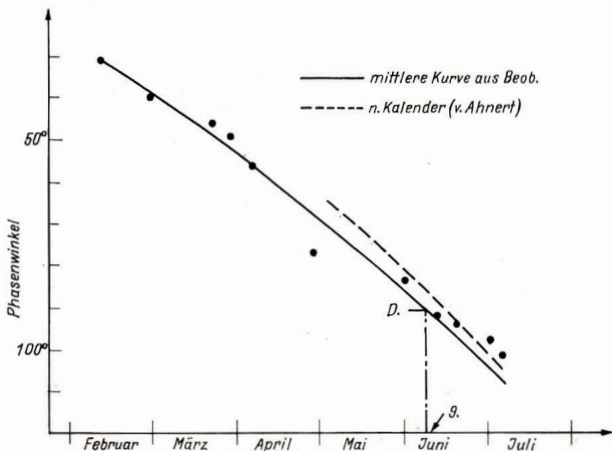


Abb. 1

Die Einzelbeobachtungen:

Datum	i_0	$\varnothing$	Wetter	Luft
2 ^m 12 ^d	32,3°	11",1	2	2
3 ^m 01 ^d	41,7°	11",6	2	2
3 ^m 21 ^d	46,8°	12",5	2	4
3 ^m 28 ^d	49,8°	12",8	1	3
4 ^m 07 ^d	57,8°	13",4	1	4
4 ^m 28 ^d	78,2° (1)	15",2	3	3
5 ^m 15 ^d	76,9°	17",0	4	2
6 ^m 01 ^d	84,5°	19",8	1	4
6 ^m 12 ^d	92,4°	22",1	3	3
6 ^m 19 ^d	94,9°	23",5	4	4
7 ^m 02 ^d	98,3°	29",1	3	2
7 ^m 07 ^d	101,1°	30",2	1	3

Die Zeit der scheinbaren Dichotomie wurde nach der Abbildung grafisch bestimmt, um die Anschaulichkeit zu erhöhen. Gleichzeitig wurde in dasselbe Diagramm die Kurve des errechneten Phasenwinkels nach dem Kalender für Sternfreunde eingezeichnet. Nach der Darstellung liegt die beobachtete Dichotomie auf dem 9. Juni, die errechnete auf dem 18. Juni. Dieser hohe B-R-Wert hat zum überwiegenden Teil seine Ursache in der noch mangelnden Übung des Verfassers, sowie in der kleinen Fernrohrvergrößerung (34fach).

FRANK KÖHLER

Der Komet Kobayashi - Berger - Milon 1975 h

Auf Grund der guten meteorologischen Bedingungen konnte der Komet von Sonnabend, den 2. 8. 1975, bis Sonntag, den 10. 8. 1975, beobachtet werden. Dann war zwei Tage lang keine Beobachtung möglich, und erst am 13., 14. und 15. 8. 1975 wurde er nochmals beobachtet.

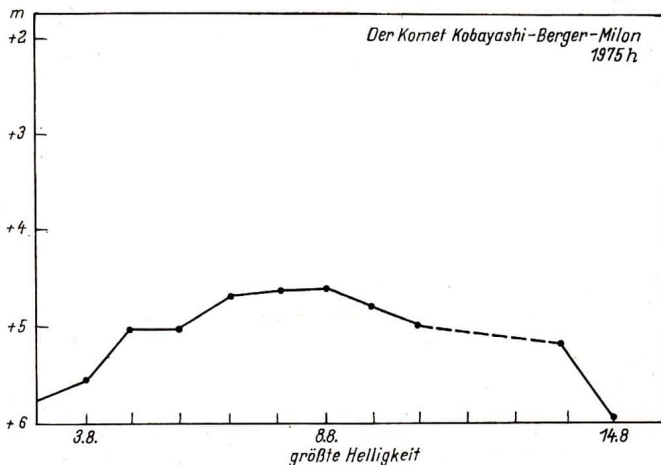
Instrumente

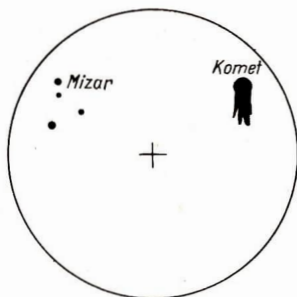
I. 50/540 Achromat

II. 63/800 Achromat

III. Zur genauen Bestimmung der Rektazension und Deklination wurde ein NP 27 mit Exa Ia verwendet.

Abb. 1





● Der Komet steht gemeinsam mit dem Doppelsternsystem Mizar im Gesichtsfeld des Fernrohrs.
V=25

Am 3.8.75 23⁰⁰ MEZ beträgt der Abstand von „Mizar“ zum Kometen $\sim 1.2^\circ$

Abb. 2

Die Kometenkoordinaten

Scheinbare					
Datum	Rektaszension h min		Deklination ° '		Helligkeit m
August 3	13	25	54	2	5.7
4	13	10	53	0	5.0
5	13	00	52	3	5.0
6	12	50	51	5	4.7
7	12	37	50	0	4.5
8	12	27	49	2	4.8
9	12	16	48	0	5.0
13	11	38	44	5	5.0
14	11	29	42	5	5.9 – 6.1*
15	11	20	41	2	6.2

* 2fache Beobachtung (21.30 Uhr MEZ und 23.30 Uhr MEZ)

Helligkeit

Der Komet war am Anfang der Beobachtung 5^m7 hell und damit dem bloßen Auge zugänglich. Ab 14. 8. 1975 war er nicht mehr ohne Hilfsmittel zu beobachten. Seine größte Helligkeit hatte der Komet am 7. 8. 1975. Er blieb aber mit 4^m5 nur ein mittelmäßiges Objekt.

Helligkeitskurve siehe Abb. 1

A. GEISSHIRT-LING

Visuelle Beobachtung des Kometen „Kobayashi – Berger – Milon“ 1975 h im August/September mit dem Feldstecher

Am 2. 7. 1975 wurde der Komet in Japan entdeckt, danach in Amerika. Mit einer Helligkeit von 9^m wurde er in Rodewisch beobachtet, während die Astronomen der Sonneberger Sternwarte ihn bereits auf ihre Platten gebannt hatten. Im N.D. vom 26./27. 7. wurde ausführlich über den Kometen berichtet, jedoch ohne genauere Angabe des Ortes, welche dann am 2./3. 8. der Notiz zu entnehmen war.

Begünstigt durch gute Sichtbedingungen, die nur durch die Vollmondzeit und eine kurze wolkenreiche Wetterperiode unterbrochen wurde, konnte der Komet 1975 h kontinuierlich bis zum 8. September 1975 im Feldstecher 10 × 40 (Hitzcke) beobachtet werden. Insgesamt gelangen 26 Beobachtungen, die in Rostock (Werftdreieck), Langenoria (Schule) und Udars/Rügen durchgeführt wurden.

An 11 Beobachtungen soll gezeigt werden, wie sich Ort und Aussehen dieses schönen Himmelskörpers im Verlauf von 5 Wochen veränderten.

1975 08 02	R. 21.30 – 23.00 Uhr, etwas störende Lichtquellen.
Kopf: 5 ^m	Nebelfleck, groß, diffus, kreisförmig, schwache zentrale Verdichtung.
Schweif:	Ansatz nicht deutlich.
1975 08 04	R. 23.50 Uhr, etwas störende Lichtquellen.
Kopf: 4 ^{m8}	wie 2.8., zentrale Verdichtung stärker.
Schweif: 9 ^m	kurz, verbreiternd, blaß, 0,6 Grad.
1975 08 06	L. 21.45 – 22.15 Uhr.
Kopf: 4 ^{m4}	wie bisher, fast flächenhaft, kreisförmig.
Schweif: 9 ^m	nebelhaft, schwach, 1,5 Grad.
1975 08 08	L. 22.30 – 23.30 Uhr,
Kopf: 4 ^{m4}	kleiner als bisher, zentrale Verdichtung stärker.
Schweif: 9 ^m	schleierartig, sich verbreiternd, 1,7 Grad.
1975 08 09	L. 22.00 – 22.45 Uhr,
Kopf: 4 ^{m3}	kleiner als am 8. 8., heller, Koma blaß.
Schweif: 9 ^m	wie bisher, 2 Grad.
1975 08 13	L. 21.40 – 22.20 Uhr, fast klar.
Kopf: 4 ^{m3}	kreisförmig, kernartige zentrale Verdichtung, kleiner, Koma größer.
Schweif:	blaß, schleierartig; Schweifstrahlen? 2,2 Grad.
1975 08 17	L. 21.10 – 21.15 Uhr, fast klar.
Kopf: 4 ^{m3}	recht helle zentrale Verdichtung, rund, intensiver leuchtend, Übergang in den Raum stärker abgesetzt.
Schweif:	schwach, verbreiternd, 2,4 Grad.
1975 08 27	U. 21.10 – 21.20 Uhr,
Kopf: 5 ^m	auffallend klein, konzentriert hell, ohne scharfe Begrenzung, leicht oval, Koma blasser, Objekt flächenhaft, etwas größer als Stern.
Schweif:	sehr blaß, schmal, verbreiternd, 3 – 4 Grad.
1975 08 28	U. 21.15 – 22.00 Uhr,
Kopf: 5 ^m	wie 27. 8., oval, in den Schweif übergehend.
Schweif: 8 ^{m-9^m}	wie 27. 7., Nebenschweife? 4–5 Grad.
1975 08 30	U. 20.32 – 21.25 Uhr.
Kopf: 5 ^{m3}	Kern vermutlich nicht in der Mitte, hell.
Schweif: 7 ^{m-8^m}	kräftiger als sonst, strahlenartig? 4–6 Grad
1975 09 08	U. 3.15 – 3.50 Uhr, glasklar.
Kopf: 5 ^{m4}	recht klein, intensiv leuchtend, länglich, ohne scharfe Begrenzung, Kern nicht deutlich erkannt.
Schweif: 8 ^{m-9^m}	schwach, etwas verbreiternd, am Kopf wesentlich heller, 3 – 4 Grad.

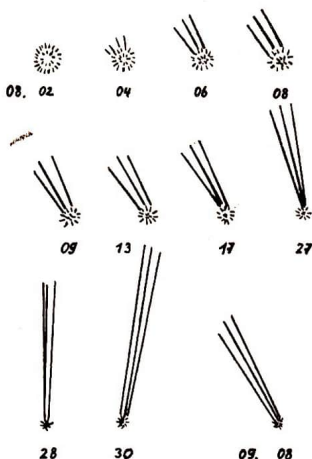


Abb. 1:
Schematische Darstellung der Entwicklung
des Kometen 1975 h.

Alle Helligkeitsangaben wurden im Vergleich mit bekannten Sternhelligkeiten geschätzt. Alle Zeitangaben beziehen sich auf MEZ. Die Schweiflängen sind grob geschätzt und wurden in Grad angegeben.
Die Koordinaten des Kometen konnten nicht in jedem Fall bestimmt werden. Es wurde versucht, den jeweiligen Ort auf einer Karte des Sternatlases (Marx/Pfau) zu finden. Für genannten Zeitraum wurden folgende Positionen ungefähr ermittelt:

1975	08 02	08 04	08 06	08 13	08 17	08 27
α	13 ^h 20'	13 06	12 55	12 10	11 45	11 13
δ	54°	52	50	44	41	35 5
1975	08 28	08 30	09 08			
α	11 ^h 08'	11 00	10 40			
δ	34°5	32 6	24 5			

Bewegung des Kometen

Wie leicht zu ersehen ist, bewegte sich der Komet recht schnell durch das Sternbild Ursa Major, überschritt am 30. 8. ab 0.00 Uhr MEZ etwa die Grenze zum Sternbild Leo Minor, das er ebenso schnell durchlief, um zum Südhimmel überzuwechseln.

Aussehen des Kometen

Aus einem kreisförmigen großen Nebelfleck, der langsam kleiner wurde, entwickelte sich jener wunderbare Himmelskörper, der allgemein als voll entfalteter Komet gilt. Die zentrale Verdichtung wurde zusehnd konzentrierter, dabei intensiver leuchtend gesehen. Interessant ist, daß die Entwicklung des Schweifes im Gegensatz zu photographischen Aufnahmen erst ab 4. 8. beobachtet wurde. Dieses zarte Gebilde, das den kleinen Kometen zierte, wuchs ständig und wurde kräftiger. Nach dem Perihel, das der Komet am 5. September durchlief, wurde er kleiner gesehen. Er stand bei klarem Himmel sehr tief am Horizont und die aufkommende Morgendämmerung ließ ihn rasch blasser werden.

Im Verlauf der Helligkeitsentwicklung gab es keine besonderen Höhepunkte, sie blieb ziemlich konstant um 5^m. Dieser Umstand ist leicht zu erklären, wenn man die Bahnverhältnisse dieses Kometen beachtet. Bei zunehmender Annäherung an die Sonne geriet er gleichzeitig immer mehr in Erdrferne. Die wahre Helligkeitsentwicklung des Kometen 1975 h muß beachtlich gewesen sein, was man aus den Beobachtungen schließen könnte.
Kobayashi – Berger – Milon 1975 h war ein lohnendes Objekt für den Feldstecher.

E. PFITZNER

Beobachtung der Perseiden 1975

Datum: 1975 August 14

Zeit: 21.00–24.00 Uhr

Ort: Dresden-Wachwitz

Beobachter: G. und H. Schulz, 8055 Dresden, Pillnitzer Landstr. 141

Beobachteter Himmelsausschnitt: Ost-Nord-West
Horizont – Zenit,
etwa 2^h–17^h Rektaszension
+40°–+90° Deklination

Luft: 1–2, Dunst

Ohne Instrument

Zahl der beobachteten Ereignisse: 19 (6,3 pro Stunde)

Zahl der beobachteten Perseiden: 12–13 (63%–68%)

Zahl der vermutlichen Cygniden: 2–3 (10%–16%)

Zahl der sporadischen Meteore: 3–5 (16%–26%)

Geschätzte Helligkeiten: –1^m...+4^m

Zeitlicher Verlauf: 21.00–22.00: 6 Ereignisse

22.00–23.00: 8 Ereignisse

23.00–24.00: 4 Ereignisse

Die Beobachtung wurde zeitweise durch leichten Dunst behindert. Da nur zwei Beobachter mit verhältnismäßig geringer Erfahrung zur Verfügung standen, wurde auf eine Schätzung der Leuchtspurlängen und eine Beobachtung dieser Spuren mit Feldstecher (Nachleuchtdauer) verzich-

tet. Die beobachteten Farben lagen ausschließlich im Bereich blau bis weiß, gelbe oder rötliche Töne wurden nicht beobachtet. Besonders auffallend war die deutliche Abnahme der registrierten Ereignisse zwischen 23.00 und 24.00 Uhr.

G. und H. SCHULZ

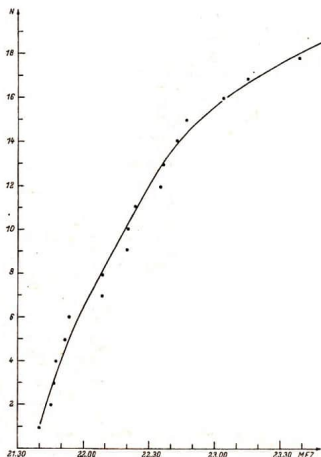


Abb. 1:

Lfd. Nr.	Zeit (MEZ)	geschätzte Helligkeit
1	21.38	+3 ^m
2	21.45	3 ^m
3	21.46	2 ^m
4	21.47	2 ^m
5	21.51	3 ^m
6	21.53	4 ^m
7	22.09	0 ^m
8	22.09	3 ^m
9	22.21	1 ^m
10	22.22	2 ^m
11	22.26	1 ^m
12	22.34	0 ^m
13	22.35	2 ^m
14	22.41	2 ^m
15	22.45	2 ^m
16	23.02	2 ^m
17	23.12	–1 ^m
18	23.34	2 ^m
19	23.45	3 ^m

Durchschnittliche Helligkeit: +1^m9



Abb. 2: 1975 August 14, 21.00 – 23.30 MEZ, Beob.: G. und H. Schulz. Luft 1 – 2, Dunst.

Kurzberichte

Ehrungen Bruno H. Bürgel 1975

Aus Anlaß der 100. Wiederkehr seines Geburtstages und in Würdigung seiner Verdienste um die Popularisierung der Astronomie fanden 1975 zahlreiche Ehrungen und Veranstaltungen in der DDR statt. Mit einer Kranzniederlegung am Grabe Bürgels auf dem Friedhof Goethestraße in Potsdam-Babelsberg begannen am 14. November die Feierlichkeiten des Zentralen Fachausschusses Astronomie im Kulturbund der DDR. In einer Feierstunde am 15. November (im Bernhard-Kellermann-Haus, Potsdam) gedachte man des Arbeiterastronomen, der einen großen Teil seines schaffensreichen Lebens in Potsdam-Babelsberg verbracht hat. Die Festansprachen hielten Dr. K. Lindner, Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie, und A. Zenkert, Leiter des Astronomischen Zentrums „Bruno H. Bürgel“ in Potsdam. Am darauffolgenden Tage fand im gleichen Haus ein sechstündiges Festkolloquium statt, an dem Freunde und Verehrer Bürgels aus Magdeburg, Wittenberg, Querfurt, Berlin sowie aus anderen Orten teilnahmen. Sechs Referenten berichteten über Begegnungen mit Bürgel. Vier Buchbesprechungen befaßten sich auch mit weniger bekannten Werken Bürgels. Über Bürgel in Briefen und Schriften referierte W. Garling; F. Metschies, Fachberater für Astronomie, zeigte Wege und

Möglichkeiten, Bürgels Leben und Werk im Bildungssystem unserer Schule zu ehren.

Bei allen Veranstaltungen in Potsdam konnte Herr Walter Bürgel als Ehrengast begrüßt werden.

Die Ausstellung „Bruno H. Bürgel – Leben und Werk“ im Pavillon der Freundschaftsinsel Potsdam hatte etwa 3000 Besucher zu verzeichnen.

Besonders groß war das Interesse für die Bürgel-Gedenkstätte im Astronomischen Zentrum Potsdam, Neuer Garten, die im vergangenen Jahr 147 Gruppen mit 2872 Besuchern zu verzeichnen hatte. Gegenüber früheren Jahren bedeutet dies eine Zunahme um mehr als das Doppelte.

Weitere Feierstunden fanden in der Archenhold-Sternwarte zu Berlin-Treptow, in Radebeul, Schöneiche bei Berlin, Schönebeck/Elbe und Hartha bei Döbeln statt. Vorträge über das Leben und Wirken Bürgels wurden in Leipzig, Eberswalde, Schwerin, Dresden und an acht Stellen in Potsdam gehalten.

Mit einem Appell ehrten am 14. November die Lehrer und Schüler der Polytechnischen Oberschule 16 in Potsdam-Babelsberg die Verdienste Bürgels, dessen Name die Schule seit 25 Jahren trägt.

Die Bürgel-Gedenkstätte stellte bereitwillig Materialien für die Gestaltung von Feiern und Vorträgen sowie für kleine Ausstellungen (z. B. in Röbel) zur Verfügung.

Auch im Rundfunk und Fernsehen der DDR wurden sechs Beiträge ausgestrahlt, darunter zwei halbstündige Sendungen. Groß war das Echo in der Presse.

Von den ausländischen Zeitschriften widmeten Föld es eg (Ungarn), Kosmos (ČSSR) und Homo kaj kosmo (Jugosla-

wien/Esperanto) Beiträge über Bürgel bzw. das Astron. Zentrum Potsdam. In der DDR tragen 6 Schulen, 4 astronomische Einrichtungen und 3 Betriebskollektive die verpflichtende Bezeichnung Bruno Hans Bürgels.

A. ZENKERT

Die Radioteleskope der Sternwarte Hoesen

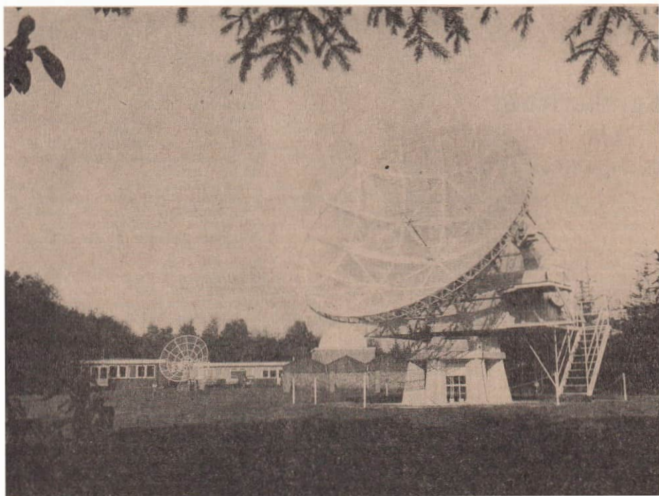
Auf der Volkssternwarte „Simon Stevin“, Hoesen, Niederlande, sind gegenwärtig zwei Radioteleskope in Gebrauch. Das kleine hat einen Antennendurchmesser von 4 Metern und das große 7,5 Meter. Das 4-Meter-Teleskop stammt von einer Probeaufstellung, die aus 2 identischen Teleskopen bestand und bestimmt war für ein Experiment im Zusammenhang mit dem Benelux-Kreuzantennenprojekt. Dies ist nicht ausgeführt worden und beide Prototypen sind auf unsere Sternwarte gekommen, wo aus dem Material eine komplette Einrichtung zusammengestellt wurde. Diese wird verwendet für regelmäßige Sonnenbeobachtung auf einer Frequenz von 200 MHz. Die Aufstellung ist parallaktisch und wird kontinuierlich nachgeführt. Die Meßwerte werden auf einem Schreiber registriert, der sich in dem Radiozimmer befindet, welches auch dem Publikum zugänglich ist.

Das große Radioteleskop hat eine lange Geschichte hinter sich. Ursprünglich wurde es als Küstenradarstation vom Typ „Würzburg Riese“ gebaut und 1943 im Atlantik-Wall aufgestellt. Nach dem 2. Weltkrieg sind verschiedene dieser Stationen als Radioteleskope in Gebrauch genommen worden und dabei über den ganzen Erdball verstreut worden. Unser Teleskop hat viele Jahre als Empfangsstation von P. T. T. te Nederhorst den Berg gedient. 1972 wurde es dort demontiert und von unserer Sternwarte angekauft.

Nach einer gründlichen mechanischen und elektrischen Überholung wurde das Teleskop bei uns wieder aufgebaut. Bei einem Reflektordurchmesser von 7,5 Metern beträgt der Brennpunktstand 1,75 Meter. Für den Empfang der 21-cm-Wasserstofflinie, die übrigens mit einem solchen Teleskop gefunden wurde, ist eine Spezialantenne entworfen worden. Diese Antenne wird mit einem Empfänger gekoppelt, der mit einem parametrischen Verstärker ausgerüstet ist.

Dieses Teleskop ist azimutal aufgestellt und wird in Stufen von einem halben Grad gesteuert. Diese Steuerung kann auch programmiert werden. Für den Empfang der 21-cm-Linie sind diese Stufen zu groß. Es wurde deshalb ein Steuermechanismus mit einer kontinuierlichen Bewegung in beiden Achsen entwickelt. Solange der 21-cm-Empfänger noch nicht montiert ist, wird auf 242 MHz empfangen. Dafür wird eine logarithmische Breitbandantenne verwendet. Die Quellen, die wir gut empfangen können, sind, außer der Sonne, die Milchstraße und die starken Quellen in Kassiopeia und Schwan. Gegenwärtig stellen wir eine Karte der Milchstraße auf 242 MHz her. Der Empfänger, den wir hierfür verwenden, ist vom „Dicke-Typ“, wobei periodisch umgeschaltet wird von der Antenne auf einen Widerstand und zugleich ein Digital-Filter in den Ausgang geschaltet wird. Damit wird die Empfindlichkeit stark vergrößert. Der Empfänger wird mittels einer Standardquelle geeicht. Fest verbunden mit dem Reflektor ist die Beobachterskabine, die sich im Azimut mitdreht. In dieser Kabine befinden sich der Empfänger, der Schreiber und notwendige Hilfsapparaturen. Es ist auch möglich, Montage- und Wartungsarbeiten hier zu verrichten. Das Steuersystem ist auch in diesem Raum mit untergebracht. Über Kabel können die verschiedenen Angaben in den Radioraum der Sternwarte, etwa 100 m entfernt, geleitet werden. Die verwendete Einrichtung wurde teilweise gekauft, teilweise geschenkt und zum Teil von ehrenamtlichen Assistenten der Sternwarte entworfen und gebaut.

Viel Hilfe und Unterstützung erhalten wir von den Fach-



astronomen und deren Instituten. Mit ihnen findet auch ein Austausch der Beobachtungsergebnisse statt.

Wenn in der nächsten Zeit unser Heliosat völlig einsatzfähig ist, können an unserer Sternwarte Untersuchungen sowohl an der ruhigen Sonne als auch verschiedenen Erscheinungen der gestörten Sonne optisch und radio-astronomisch durchgeführt werden. Der große Vorteil liegt hierbei darin, daß optische und radio-astronomische Beobachtungen gleichzeitig an einer Sternwarte möglich sind.

WALTER WAMSTEKER

Im Juni 1975 Salut 4/Sojus 18 gesehen

Die Bewegung des Raumflugkörpers erfolgte ziemlich schnell von West nach Ost. Am 9. und 10. Juni wurde er zu

spät gesehen, er befand sich bereits im Süden. Gegen 21.58 bzw. 22.46 Uhr MEZ verschwand er aus dem Blickfeld. Am 11. Juni gelang es, den Raumflugkörper, der wieder sehr schnell seine Bahn zog, rechtzeitig zu entdecken. Mit einer Helligkeit von 2^m etwa ging er auf, wurde dann so hell, daß er die Venusähnlichkeit noch übertraf, etwa -4^m6, um dann schwächer werdend, rasch dem Osthorizont zuzustreben. Es fiel auf, daß er seine größte Helligkeit noch vor der Kulmination erreichte. Durch folgende Sternbilder konnte sein Lauf verfolgt werden: Virgo - Bootes-Serpens - Ophiuchus - Serpens - Scutum, bis er gegen 22.08 Uhr MEZ unsichtbar wurde.

Einige hielten diesen künstlichen „Stern“ für echt, konnten sich aber eine derart schnelle Bewegung nicht erklären.

ELVIRA PFITZNER

Aus der Literatur

VIKING 2 auf dem Wege zum Mars

Am 9. September 1975 starteten die USA ihre zweite Sonde zum Planeten Mars. VIKING 2 soll den Roten Planeten am 9. September 1976 erreichen und im Gebiet Chryse weich landen, während die am 20. August gestartete Sonde VIKING 1 im Gebiet Cydonia niedergehen wird. Auch der zweite Marsflugkörper soll aus einem Lande- und einem Satellitenteil bestehen. Es ist vorgesehen, mit den Landekörpern nach Spuren etwaigen mikroskopischen Lebens auf dem Mars zu suchen. Die Gesamtkosten des VIKING-Unternehmens betragen rund 900 Millionen Dollar.

Wird Encke besucht?

Bereits seit längerer Zeit gibt es Vorstellungen, Raumflugkörper in die Nähe von Kometen oder durch Kometen hindurch fliegen zu lassen. Im Gespräch ist bisher vor allem der Komet Encke, der 1980 sein Perihel durchlaufen wird. Es ist geplant, die dritte Sonnensonde des Typs HELIOS für diesen Zweck einzusetzen. Die Annäherung an den Kometen müßte, bedingt durch himmelsmechanische Gegebenheiten, in einem Sonnenabstand von 0,34 Astronomischen Einheiten erfolgen. Die bisherigen Erfahrungen mit HELIOS 1 (1974 - 197A) hatten ergeben, daß die Sonde in diesem und auch noch in etwas geringem Sonnenabstand voll funktionstüchtig bleibt. Natürlich müßten eine Reihe von Meßapparaturen neu konzipiert und entwickelt werden. Bisher werden die Kosten dafür auf rund 50 Millionen Dollar geschätzt, die sich die USA und BRD nach den bisherigen Vorstellungen teilen wollen. Die Trägerrakete werden die USA stellen. Eine endgültige Entscheidung, ob das Projekt „Komet Encke 1980“ realisiert werden kann, steht noch aus.

Flieger-Revue 11/75

Verlagerung der magnetischen Erdpole

Gegen Ende dieses Jahrhunderts würde sich das Magnetfeld der Erde so stark verändert haben, daß die Navigationskarten grundlegend geändert werden müßten. Das vermutet der sowjetische Magnetologe Nikolai Medwedew. Er stellte die Hypothese auf, daß die Erde bereits in die Epoche der gesetzmäßigen sogenannten magnetischen Inversion, der Umkehrung der magnetischen Pole, eingetreten sei. Ihren Höhepunkt werde diese Epoche mit einer bedeutenden Verlagerung der beiden magnetischen Pole in etwa 1000 Jahren erreichen. Der sowjetische Wissenschaftler nimmt an, daß sich der magnetische Südpol dann etwa im Gebiet der Philippinen befinden werde. Die Theorie des sowjetischen Wissenschaftlers basiert auf der Tatsache, daß sich die magnetischen Pole mit ständig vor sich gehenden Lageveränderungen des inneren Erdkerns ebenfalls verlagern.

ND 20./21. 12. 75

Die Erdrotation beeinflusst das Klima

Das Klima der Erde unterliegt seit 35000 Jahren rhythmischen Schwankungen. Diese Ansicht vertreten Mitarbeiter des Instituts für Geographie der Akademie der Wissenschaften Georgiens auf Grund untersuchter Ablagerungen in einer Höhle der Kolchis. Die Untersuchungen lassen in dem genannten Zeitraum auf sechs kurze Perioden schneller Abkühlung und auf sieben etwas längere mit gemäßigten und warmem Klima schließen.

Das Institut hält es für möglich, daß die Klimaveränderungen auf Schwankungen der Sonnenaktivität und der Geschwindigkeit der Erdrotation zurückzuführen sind, die vor allem über die Zirkulation der Atmosphäre wirksam wurden. Eine beschleunigte Zirkulation habe Erwärmung, eine verlangsamte eine Abkühlung in den hohen und mittleren Breiten der Erde gebracht.

Mit gebirgsbildenden Prozessen, mit Vulkanismus, der Verkleinerung des Festlandes und Vergrößerung der Meeresoberfläche können die Klimaschwankungen nach Meinung der Wissenschaftler nicht zusammenhängen, da solche Prozesse nicht in der Lage seien, in so kurzer Zeit derart einschneidende und regelmäßige Veränderungen hervorzurufen. Die untersuchten Ablagerungen in der Höhle sollen aus den letzten 100 000 Jahren stammen und keinen störenden Einflüssen ausgesetzt gewesen sein.

Meteoritenfall

Statistischen Berechnungen eines amerikanischen Forschungsinstituts zufolge beträgt die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein etwa 500 g schwerer Meteorit in ein Gebiet mit großstädtischer Bevölkerungskonzentration fällt und einen oder mehrere Menschen tötet, ein Ereignis pro 50 Jahre. Bisher ist jedoch trotz aller bemühter Statistik zum Glück noch kein einziger Meteoritenfall bekannt geworden, bei dem Menschen ums Leben kamen.

Ein „Beinahe-Ereignis“ dieser Art allerdings geschah am 18. August 1974. Gegen 9.20 Uhr Ortszeit schlug ein Meteorit in den Ort Naragh (Iran) ein.

Das Ziel des Meteoriten war die dortige Schule, deren rund 30 cm dicke Ziegeldecke glatt durchschlagen wurde. Menschen kamen nicht zu Schaden, da sich zu diesem Zeitpunkt niemand in unmittelbarer Nähe aufhielt. (Siehe auch „A u. R.“, 6/75, S. 189).

Der Naragh-Meteorit besitzt eine dunkelgraue Färbung mit einigen grünlichen Bereichen. Rund 25 Prozent der Oberfläche werden von einer dunklen magnetischen Kruste eingenommen, die zwischen 0,5 und ein Millimeter dick ist. Eine erste chemische Analyse zeigte als häufigste Elemente Silizium, Eisen und Magnesium.

Von den bisher registrierten rund 1800 Meteoriten aus allen Erdteilen fielen je ein Drittel auf Nordamerika und Asien, ein Sechstel auf Europa.

ND 24./25. 12. 75

Neutronenstern „gewogen“

Die Masse eines Neutronensterns im Sternbild „Parus“ wurde von Wissenschaftlern der Amsterdamer Universität bestimmt. Dieser Stern ist 5000 Lichtjahre von der Erde entfernt, sein Durchmesser beträgt weniger als 20 km. Seine Masse übersteigt anderthalbmal die der Sonne.

Meteoritenalter

Das Alter des größten Eisenmeteoriten, der vor 30 Jahren im Sichote-Alin-Gebirge niederging, beträgt 450 Millionen Jahre. Diese Angaben machten Wissenschaftler der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Die Experten vertreten die Ansicht, daß der Meteorit ehemals zu den Asteroiden gehörte, die in den Bahnen zwischen Mars und Jupiter kreisen.

ND 3./4. 1. 76

Sonnensonde Helios B

Helios B., die zweite Sonnensonde der USA und der BRD, befindet sich seit dem 15. Januar auf dem Wege zum Zentralgestirn, das sie am 17. April erreichen soll. Die Sonde soll gemeinsam mit ihrer Vorgängerin in den kommenden 18 Monaten wissenschaftliche Meßdaten über die Vorgänge auf der Sonne zur Erde funken. Der sonnennächste Punkt der Umlaufbahn wird 43,4 Millionen Kilometer betragen. Helios B ist mit Geräten für zehn Experimente ausgerüstet.

Zum Interkosmosprogramm

Eine noch umfassendere Anwendung der neuen Erkenntnisse des INTERKOSMOS-Forschungsprogramms für die Praxis der Volkswirtschaft ist eines der Ziele, die sich die an diesem Programm beteiligten Wissenschaftler der DDR zum IX. Parteitag der SED gestellt haben. Ferner wurde ein Perspektivprogramm festgelegt, das die am INTERKOSMOS-Programm beteiligten Länder bis 1990 erfüllen wollen. Dabei geht es vor allem darum, mit Hilfe kosmischer Mittel die ständig steigenden Kommunikationsbedürfnisse zwischen den Mitgliedsländern maximal zu befriedigen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Erkundung von Erdressourcen durch Satelliten, der Einsatz von Satelliten für Umweltschutzprobleme u. ä.

Die Aufgaben sind in den Volkswirtschaftsplänen der Interkosmos-Mitgliedstaaten enthalten und dienen der Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschrittes in diesen Ländern.

Kohlenmonoxid in der Jupiteratmosphäre

Wissenschaftler des astronomischen Observatoriums der Universität Texas konnten mit ihrem 2,7-Meter-Spiegelteleskop erstmals Kohlenmonoxid in der Atmosphäre des Jupiter nachweisen. Die gewonnenen Infrarotspektren (5-Mikron-Wellenlängenbereich) weisen nach, daß CO-Moleküle bis zu einer Tiefe von mindestens 50 km in der Jupiter-Atmosphäre vorhanden sind. In diesem Bereich herrscht ein Druck von etwa 2 at. Hauptbestandteile der Jupiter-Atmosphäre sind bekanntlich Wasserstoff und Helium, in geringerem Maße sind noch Methan, Ammoniak, Äthan, Azetylen, Phosphorverbindungen und Wasserdampf vorhanden.

Flieger-Revue 12/75

Prognosen der Raumfahrtentwicklung für die 80er Jahre

Science-fiction-Autoren müssen ihre Fantasie immer mehr bemühen, wollen sie mit ihren Geschichten noch Aufsehen erregen und Leser fesseln. Denn die bemannte Raumfahrt, jahrzehntelang ihr beliebtestes Motiv, ist inzwischen Wirklichkeit geworden.

Wenn zu Beginn des Jahres 1980 zum erstenmal Wissenschaftler und Techniker nach nur kurzer Ausbildung mit dem Raumtransporter SPACE SHUTTLE und dem Weltraumlabor SPACELAB zu Flügen in erdnahe Umlaufbahnen bis zu 500 Kilometer Höhe starten, bleibt nicht einmal das Erlebnis des großen Aha-Effektes. Raumfahrt wird dann nicht mehr Selbstzweck sein, sondern ein Mittel zur kostengünstigen Forschung und Entwicklung unter den besonderen Bedingungen des Weltraums.

Während an SPACE SHUTTLE und SPACELAB noch entwickelt und gebaut wird, gehen die Überlegungen weit über die nächste Dekade hinaus, die Raumfahrtssysteme technologisch zu vervollkommen und noch flexibler zu gestalten. Bisher handelt es sich dabei um Studien, um mögliche, aber noch keinesfalls entschiedene Planungen für die Zukunft. Das jetzt entwickelte System wird langfristig nur der erste, wenn auch entscheidende Schritt in die neue, konsequent auf Nutzung und fortgeschrittene Forschung ausgerichtete Phase der Raumfahrt sein. Der SPACE SHUTTLE bildet, wie die bisher eingesetzten konventionellen Trägerraketen, zu denen sich auch die in Europa entwickelte ARIANE gesellt, das wichtigste Transportsystem, und zwar bis weit über die 80er Jahre hinaus. Davon geht eine Studie aus, die im ERNO-Programmbereich erarbeitet worden ist und sich mit Prognosen über realisierbare Weiterentwicklungen befaßt. Möglichkeiten zeichnen sich zur Genüge ab: wie etwa die Fortentwicklung des Raumtransporters als Basissystem mit erweiterten Aufgaben. Neben den Flügen mit dem Weltraumlabor und Satelliten beispielsweise SHUTTLE-Missionen mit anderen Antriebsstufen und Systemen. Oder als nächste Stufe die Lockerung der Bindung zwischen ORBITER und Nutzlasten, wenn SPACELAB mechanisch gelenkt aus dem Laderaum aus- und wieder eingefahren würde. Apollo-Astronauten haben den weiteren Weg schon aufgezeigt: durch eine Nabelschnur mit ihrer Kapsel verbunden, unternahmen sie Weltraumspaziergänge. Dieses System ist auch auf Raumfahrzeuge übertragbar, beispielsweise mit Subsatelliten, bemannt oder unbemannt. Sie könnten vom Transporter im Weltraum ausgesetzt, durch eben eine Nabelschnur gefesselt in ORBITER-Nachbarschaft schweben und wieder eingefangen werden.

Werden die Nutzlasten des ORBITERS mit allen autonomen Versorgungseinrichtungen ausgerüstet, ist die volle Trennung vom Transporter möglich. Auch dabei bieten sich zahlreiche Entwicklungen und Aufgaben an. Über kleinere Nutzlast tragende Antriebsplattformen und mittlere Antriebsstufen, wie die bereits entwickelte, aber an den ORBITER anzupassende amerikanische Oberstufe IUS (Interim Upper Stages), die als Zwischenlösung zum TUG (Raumschlepper) konzipiert ist, würde die Entwicklung bis zum wiederverwendbaren Raumschlepper gehen, dessen Studienphase Anfang der 80er Jahre abgeschlossen sein dürfte und der etwa gegen 1985 eingesetzt werden könnte.

Der SPACE TUG wäre Ende der 80er Jahre denkbar in einer fortgeschrittenen Version mit erweiterten Eigenschaften wie „manrated“ (Zulassung für ein unbemanntes Raumfahrtssystem, Besatzungen an Bord zu nehmen) und „orbit-based“ (Vorbereitung eines Systems für neue Mission in der Erdumlaufbahn ohne Rückkehr zur Erde). Ein anderer Entwicklungsschritt der Weltraumtechnologie führt zu den free-flyer-Systemen, freifliegenden Laboratorien bzw. Werkstätten, die mit dem Raumtransporter befördert, ausgesetzt, periodisch gewartet und versorgt werden. Für die Entwicklung dieses Systems wird bereits Vorarbeit geleistet, eine spätere Bemannung des Labors ist geplant. Eine modulare Raum- und eine orbitale Tankstation für Raumschlepper, könnten mit neuen, auf Wartung, Reparatur, Bergung und Wiederverwendung ausgelegten Satelliten die orbitalen Systeme der 90er Jahre darstellen.

Beim 26. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation (IAF) in Lissabon im Herbst dieses Jahres unterstrich unter anderem Rudi Beichel von der Aerojet Liquid Rocket Company diese ERNO-Prognosen. Er berichtete, daß es durchaus möglich sein werde, Raumfahrzeuge zu konstruieren, die nicht mehr an das Stufenprinzip gebunden seien. Dieses einstufige Fahrzeug würde wie eine Rakete starten, auf einer Kreisbahn um die Erde seine Aufgaben erfüllen und wieder zur Erde zurückkehren, dabei wie der jetzt in der Entwicklung befindliche SPACE SHUTTLE wie ein Flugzeug landen. Antriebsstufen wie beim Raumtransporter der frühen 80er Jahre müßten dann nicht mehr abgeworfen werden.

Welche der möglichen Raumfahrtssysteme über Studien oder Planungsphasen hinaus entwickelt und eingesetzt werden, bleibt der Zukunft vorbehalten. Von der Erde unabhängige, sich selbst versorgende Raumstationen als Lebensbereich für viele Menschen sind allerdings noch Zukunftsmusik. Ob sie notwendig sein werden, wird unter anderem auch die Frage der Ressourcen mitbestimmen.

Aus: ERNO aktuell. Hauszeitschrift der ERNO-Raumfahrttechnik GmbH, Bremen. Heft 4/75.

Magnetosphärenforschung

Die Niederfrequenzstrahlung in der Magnetosphäre der Erde werden sowjetische und kubanische Wissenschaftler in gemeinsamer Arbeit erforschen. In Georgien und Kuba, deren Territorien sich annähernd in einer Magnetzone befinden, kontrollieren Anlagen z. B. die Intensität der Strahlung. Die erhaltenen Daten geben interessante Aufschlüsse über Erscheinungen im Weltraum, die aktiv auf das elektrische Magnetfeld der Erde sowie auf die Qualität der Funk- und Fernsehübertragung über große Entfernungen einwirken.

ND 24./25. 1. 76

Verkaufe Spiegelteleskop 160/1500 (700,- M). Mathias Kropf, 961 Glauchau, Am Ende 4

Fabrikneue Astrokamera 56/250 (CZ Jena) zu verkaufen. Gunter Freydank, 5211 Kirchheim, Nr. 87.



Erich Scholz, Zittau, 75 Jahre

Am 12. 11. 75 beging Augenoptikermeister Erich Scholz, Zittau, seinen 75. Geburtstag. Weit über den Bezirk Dresden hinaus sind seine hervorragenden Vorträge und seine Dias über astronomische Themen bekannt.

Große Impulse erhielt er durch die persönliche Bekanntschaft mit Bruno H. Bürgel, und in seinen über 3000 Vorträgen gab er sie an seine treuen Zuhörer weiter. Sehr viele von ihnen regte er zu astronomischem Denken und zum Beobachten an.

In Lückendorf baute er seine sehr leistungsfähige Sternwarte auf und betreute dort zahlreiche interessierte Urlauber des Luftkurortes.

1961 gründete er eine Arbeitsgemeinschaft Astronomie im Kulturbund. Einige Zeit später ging von ihm die Initiative zum Bau der Volkssternwarte Zittau aus. 1968 wurde diese leistungsfähige Sternwarte eingeweiht. Das Hauptinstrument, ein 430-mm-Wilkespiegel, ist vielseitig einsetzbar.

Die besondere Fürsorge unseres Erich Scholz gilt der Jugend. Er verhalf vielen jungen Amateuren zu einem eigenen kleinen Instrument und regte sie so zu eigenen Beobachtungen im Weltall an.

Wir wünschen unserem Sternfreund Scholz noch viele Jahre bester Gesundheit und weiterhin viel Freude an der Astronomie.

M. FRANZE, K. SCHÖBEL

Aus dem Programmentwurf der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands

Die Sozialistische Einheitspartei Deutschlands zählt die Förderung der Wissenschaft zu ihren wichtigsten Aufgaben. Durch die Leistungen der Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker, der Kultur- und Geisteswissenschaftler werden die Möglichkeiten der Wissenschaft zur weiteren Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik immer besser erschlossen. Die Wissenschaft leistet einen ständig wachsenden Beitrag zur planmäßigen Vervollkommenheit der Produktion und zur Entwicklung des materiellen und geistig-kulturellen Lebens aller Werktätigen. Sie fördert den Wohlstand, die Gesundheit und die geistigen Bedürfnisse der Menschen im Sozialismus. Die Politik der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands ist deshalb darauf gerichtet, die Wissenschaft planmäßig und langfristig zu entwickeln, damit ihr fortschrittsfördernder und humanistischer Charakter voll zur Wirkung gelangen kann.

Die Grundlagenforschung als Quelle neuer Erkenntnisse über gesetzmäßige Zusammenhänge in Natur und Gesellschaft ist im Interesse langfristiger Entscheidungen für die volkswirtschaftliche und die wissenschaftliche Entwicklung auszubauen.

Die SED setzt sich dafür ein, daß auf solchen Gebieten wie der Mathematik, Mechanik, Kybernetik und Informationsverarbeitung, der Physik einschließlich der Werkstoff- und der Kernforschung, der Chemie, den Geo- und Kosmoswissenschaften eine weitgesteckte Grundlagenforschung betrieben und die zügige Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis gewährleistet wird. Gleiches gilt für die Grundlagen der Energiewirtschaft, der Konstruktion und Technologie. Auf diesen Gebieten ist der notwendige Vorlauf an wissenschaftlichen Erkenntnissen für den rationellen Einsatz der erschließbaren Rohstoffe, Energie- und Werkstoffressourcen, zur Befriedigung der wachsenden Informations- und Kommunikationsbedürfnisse sowie zur Sicherung optimaler Umweltbedingungen zu schaffen.

Buchbesprechungen

Grundfragen der Quanten- und Relativitätstheorie

In der Einleitung zu dem Symposiumsband schreibt Prof. Dr. E. Schmutzer, einer der Herausgeber der Veröffentlichung und Verantwortlicher für die wissenschaftliche und organisatorische Vorbereitung des Symposiums: „Verschiedenen Mitgliedern unserer Akademie (Theoretischen Physikern) schien es angebracht zu sein, weitab von Mainutmkonferenzen, deren Berechtigung für die Informationsvermittlung unbestritten ist, deren Nutzeffekt für die tiefgründige wissenschaftliche Diskussion allerdings ziemlich klein ist, im kleinen Kreis ein Symposium über diese brennenden Fragen aktueller Forschung zu veranstalten.“

Damit ist der Rahmen und das Niveau des vorliegenden Bandes der „Nova acta Leopoldina“ gegeben. 40 Spezialisten aus 11 Staaten trafen sich in Eisenach und diskutierten die in 18 Vorträgen aufgeworfenen Probleme. Das Verständnis der abgedruckten Vorträge verlangt nicht nur umfangreiches physikalisches Grundwissen, sondern tiefgehende Spezialkenntnisse der modernen theoretischen Physik und des erforderlichen mathematischen Apparates. Es hat deshalb nur Zweck zu dieser Publikation zu greifen, wenn die notwendigen Voraussetzungen vorhanden sind.

Der einleitende Vortrag von Friedrich Hund, Göttingen, beschäftigt sich mit der Frage „Hätte die Geschichte der Quantentheorie auch anders verlaufen können?“ Er kommt zu dem Ergebnis: „Notwendig“ erscheint uns der Beginn (der Quantentheorie) mit der Hohlraumstrahlung oder mit den Spektren, „Zufällig“ das Zusammentreffen von Plancks Verständnis der Entropie und seines Sinns für allgemeines mit den Messungen in der PTR in Charlottenburg, zufällig auch die späte Beachtung der Spektralgesetze und die späte Konzeption der Materiewelle.

Dieser Vortrag und teilweise auch der von Carl Friedrich Frh. von Weizsäcker über den „Zusammenhang der Quantentheorie elementarer Felder mit der Kosmologie“ gibt dem Leser auch mit weniger physikalischen und mathematischen Vorkenntnissen eine Menge Nachdenkenswertes.

Dr. S. MARX

Grundfragen der Quanten- und Relativitätstheorie, Symposium der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina Halle, Herausgeber J.-H. Scharf, E. Schmutzer, 1974 221 S. mit 31 Abb. und 7 Tabellen.

Nova Acta Leopoldina NF Nr. 212/Bd. 39. Preis 44,40 M. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1975.

Copernicus und die Gravitation

Die 500. Wiederkehr des Geburtstages von Nicolaus Copernicus (18. 2. 1473) war vielfacher Anlaß, sich mit der Bedeutung der Copernicanischen Wende und vor allem deren Folgen bis in die Gegenwart zu beschäftigen. Buchheim tut dies unter dem besonderen Gesichtspunkt der Geschichte des Gravitationsproblems, einem sehr wichtigen Komplex von Fragen, der mit dem Übergang von der geozentrischen Ansicht zur heliozentrischen Ansicht des Planetensystems, die streng genommen eine Wiedergeburt eines schon in der Antike vorhandenen Leitgedankens war, entstand und heute noch keinesfalls vollkommen geklärt ist.

In sehr kurzer, konkreter Darstellung erläutert der Autor den „Standpunkt“ der Antike, um dann das Revolutionisierende des Copernicanischen Gedankengutes zu zeigen. Hier läßt Buchheim Copernicus durch Wiedergabe von 7 Kernsätzen aus den „Commentariolus“ von 1510 selbst zu Wort kommen. Von Copernicus wird darin der physikalisch-materialistische Begriff der Mitte eingeführt und damit die Verquickung von Astronomie und der am Horizont auftauchenden Physik vorbereitet, denn die heliozentrische Ansicht des Planetensystems hat die Auffindung der universellen Gravitation ermöglicht.

Die Entwicklung der Problematik der Gravitation wird von Buchheim in 6 Phasen eingeteilt. In der tychohnischen Phase wird der Heliozentrismus von der Fachastronomie noch abgelehnt und von Tycho Brahe in einem Kompromißvorschlag ein „geozentrischer Copernicanismus“ entwickelt.

Die Kepler-Galileische Phase ist gekennzeichnet durch die Entdeckung der Bewegungsgesetze der Planeten und die Erfindung des Fernrohrs und seine Nutzung für die Astronomie. Hier schreibt der Autor: „Die gleichzeitige Erfindung des Fernrohrs durch ihn (Kepler) und Galilei 1609 eröffnet den Durchbruch.“ Das kann zu Irrtümern führen. Erfundene wurde das Fernrohr weder von Kepler noch von Galilei, sondern in Holland. Galilei baute ein Fernrohr nach Informationen aus Holland. Kepler entwickelte die erste Theorie des astronomischen Fernrohrs. Bei seinen Arbeiten zur Ableitung der Bewegungsgesetze der Planeten war Kepler der Auffindung des Gravitationsgesetzes sehr nahe gekommen. Dies gelang dann in der dritten Phase Newton. In diesen Zeitraum gehört auch das astronomiegeschichtlich sehr bedeutende Ereignis des Baus des ersten Spiegelteleskops 1672 ebenfalls durch Newton. In der newtonischen Phase entwickelte Kant auf der Grundlage der allgemeinen Gravitation eine Kosmogonie, und auch Laplace arbeitete eine mechanistische Theorie aus, die sich allerdings auf das Planetensystem beschränkte. Seit dieser Zeit ist der Gedanke der Entwicklung, einer irreversiblen Geschichte des Kosmos, fester Bestandteil der Astronomie.

Die vierte, nach Laplace genannte Phase wird durch die Aufstellung des Begriffs „Potential“ bzw. „potentielle Energie“ durch Lagrange 1773 eingeleitet und ist charakterisiert durch das Auffinden der partiellen Differentialgleichung für das Gravitationspotential außerhalb beliebig verteilter Massen durch Laplace.

Am Beginn der 5. (Hamiltonschen) Phase stand die Entdeckung der Fixsternparallaxe (hier wird nur Bessel erwähnt, obwohl nahezu gleichzeitig und vollkommen unabhängig auch Struve und Henderson Fixsternparallaxen gemessen haben), womit erstmals ein Maß für kosmische Entfernungen gefunden war. Von Bedeutung für diese 5. Phase war auch die Einführung des Prinzips der stationären Wirkung, die wichtig für den Übergang eines physikalischen Systems aus einem bestimmten Anfangszustand in einen fixierten Endzustand ist.

Die letzte, Einsteinsche Phase beginnt mit der Aufstellung der speziellen Relativitätstheorie 1905. Jetzt schließt sich gewissermaßen ein Kreis. Mit der Einsteinschen Auffassung der Gravitation ist die Dynamik wieder auf eine Kinematik zurückgeführt, allerdings auf höherem, vor allem physikalisch begründeten Niveau.

Die Publikation von Buchheim gibt einen guten Überblick über die Entwicklung der Probleme der Gravitationstheorie. Jeder, der an diesen Fragen interessiert ist oder sich mit diesen Problemen zur Wissensvermittlung beschäftigen muß, sollte diesen Sitzungsbericht der Sächsischen Akademie der Wissenschaften erwerben.

Dr. S. MARX

Wolfgang Buchheim: Die Kopernikanische Wende und die Gravitation, Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Math.-nat. Klasse, Band 111, Heft 5, Akademie-Verlag Berlin 1975, Preis 5,- M.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Elementare Kosmologie

Die wissenschaftliche Taschenbuchreihe des Akademie-Verlages erfreut sich seit vielen Jahren großer Beliebtheit, und in der Reihe Mathematik und Physik sind schon über 100 Bändchen erschienen. Eine Ursache ihrer Beliebtheit ist sicher, daß in ihnen in kurzer und prägnanter Form interessante, moderne mathematische und physikalische Grundprobleme von profilierten Autoren behandelt werden. Das gilt auch für den vorliegenden Band von Akademiemitglied Prof. Dr. H.-H. Tredter, Direktor des Zentralinstitutes für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR.

Probleme der Kosmologie sind notwendigerweise eng verknüpft mit der theoretischen Physik und bestimmten Gebieten der Mathematik, z. B. der Differentialrechnung. Damit ist auch gleich gesagt, auf welchen Gebieten Kenntnisse zum Lesen des Buches vorhanden sein müssen. Im Kapitel I. behandelt der Autor das statische Bild des Kosmos, im Kapitel II das hierarchische Bild und in Kapitel III das dynamische Bild. Im ersten Kapitel spielen das Newtonsche Gravitationsgesetz, Probleme der Absorption der Gravitation und Fragen der universalen Schwerkraft eine wichtige Rolle. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit den Weltinseln Kants, den hierarchischen Weltmodellen von Lambert und Charlier und dem Olbers' Paradoxon. Im Kapitel über das dynamische Bild des Kosmos werden die Kinematik eines isotropen Partikelsystems behandelt, sowie die Friedmannsche Gleichung und die Hamiltonsche Funktion, die Newtonschen Bewegungsgleichungen, die Einsteinschen Feldgleichungen und die kosmologische Singularität besprochen.

Im IV. Kapitel behandelt der Autor Weltmodelle, z. B. die Minkowski- und DeSitter-Welt, den Einstein-DeSitter-Kosmos, den Steady-State-Kosmos, die Big-Bang-Hypothese und das Mach-Einstein-Universum.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß man aus dem Titel „Elementare Kosmologie“ nicht den Schluß ziehen darf, daß es sich hier um eine populäre Darstellung der kosmologischen Probleme handelt. Wie bereits erwähnt, sind umfangreiche Grundkenntnisse in Mathematik und vor allem der theoretischen Physik notwendig.

Dr. S. MARX

Hans-Jürgen Tredter: Elementare Kosmologie, Wissenschaftliche Taschenbuchreihe des Akademie-Verlages, Berlin 1975. Preis 8,- M

Unsere Autoren:

Akademienmitglied J. B. Seldowisch, Abteilungsleiter im Institut für angewandte Mathematik der AdW der UdSSR; I. D. Nowikow, Doktor der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, stellvertretender Abteilungsleiter am gleichen Institut.

Dr. G. Jackisch, 64 Sonneberg, Sternwarte

Dr. D. Möhlmann, AdW der DDR, Zentralinstitut für Solar-Terrestrische Physik (Heinrich-Hertz-Institut), 1199 Berlin, Rudower Chaussee 5. Mitglied des Präsidiums der Astronomischen Gesellschaft der DDR.

Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34

Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17

Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestraße 5

G. und H. Schulz, 8055 Dresden, Pillnitzer Landstraße 141

A. Geisshirt-Ling, 15 Potsdam, Kl. Weinmeisterstraße 14

Elvira Filtzner, 2331 Uetersen, Post Granskevitz, Rügen

Frank Köhler, 742 Schmöln, Röntgenstraße 3

Walter Wamstecker, Hoesen, Niederlande

Dr. S. Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium

3¹⁹⁷⁶ **Astronomie und Raumfahrt**



INHALT

Auf den Spuren antiker Astronomen (I) · Dr. D. B. Herrmann/Ing. E. Rothenberg	65
Analogien zwischen kosmischen Systemen verschiedener Größenordnungen · RN Dr. Jaromir Široký	72
Betrachtungen zur Erderkundung aus dem kosmischen Raum · Karl-Heinz Neumann	78

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Sternaufnahmen mit der Ib-Montierung“	I—III
Hantelnebel	IV

Amateure beobachten und berichten

Sternaufnahmen mit der Ib-Montierung · W. Roloff	84
Auswertung der Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie · Rudolf Branzk	85
Mondfinsternis vom 18./19. 11. 1975 · E. Pfützner	87
Sonnenbeobachtung mit Polarisationsfilter · Harald Ziegner	88
Koordinatenbestimmung durch Anschließen an Katalogsterne · Friedemann Berth	90

Junge Amateure

Beobachtung der Nova Cygni · Uwe Bergmann	93
---	----

Kurzberichte

Sommerlager „Astronomie“ in Apolda — URANIA-Referentenberatung in Berlin	94
--	----

Aus der Literatur

Die erste Karte des Marsmondes Phobos	94
Erweiterung der direkten Fernsprechverbindung zwischen der sowjetischen und der USA-Regierung über Satelliten — Molnja verbindet ČSSR mit Kuba — Sternenkatalog — Beobachtungen mit Orion 2 — Pioneer 11 änderte Kurs zum Saturn — Titan ein Gastrabant	96
Ein neues Milchstraßensystem? — Stabulo Sternbeobachtung	3. Umschlagseite

Buchbesprechungen

Wolken, Wind und Wellen	3. Umschlagseite
Abenteuer Weltraum	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß: 15. 3. 1976

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Plafie (stellv. Chefredakteur; Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hooppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 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. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

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

Auf den Spuren antiker Astronomen (I)

Dr. D. B. HERRMANN/Ing. E. ROTHENBERG

Wenn wir Umschau halten in der langen und mühevollen Entwicklung der Himmelsforschung, so begeben wir nach den fleißigen Beobachtern des Zweistromlandes von Euphrat und Tigris, den ägyptischen Priestern und den chinesischen Sternkundigen zuerst dem epochalen Werk der Griechen. Sie waren es, die — klugen Gebrauch machend vom ererbten Wissensgut vor allem der Babylonier und Ägypter — zuerst ein Weltbild zu formen verstanden. Mit der grandiosen griechischen Synthese aller damals bekannten Elemente des Wissens zu einer Gesamtvorstellung von der Welt vollzieht sich zugleich der Ausbruch aus der Mythologie, des undifferenzierten „Bewußtseins frühgesellschaftlicher Organisationsformen“ [1]. Diese von philosophischen Vorstellungen stark geprägte und philosophische Vorstellungen ebenso stark prägende Entwicklung steht in engem Zusammenhang mit dem Fortschritt der gesellschaftlichen Praxis der Antike. Die gesamte weitere Entwicklung der Astronomie ist ohne die Resultate der griechischen Denker und Beobachter unverständlich.

Wenn es daher bei seiner Beschäftigung mit der Welt der Sterne darum geht, nicht allein in einige äußerlich interessante Vorgänge, sondern in das Wesen ihres für das menschliche Erkennen in vieler Hinsicht charakteristische Vorgehen einzudringen, für den bringt die Beschäftigung mit der antiken Astronomie reiche Früchte. Gerade der Amateurastronom unserer Tage, der manche Nacht an seinem kleinen Instrument zubringt, wird mit Bewunderung des Scharfsinns inne werden, mit dem jene Vorväter vor grauen Zeiten es verstanden, aus einfachsten Beobachtungen und mit oftmals primitiven Hilfsmitteln weitreichende Schlüsse herzuleiten und so den Grund für weitere Bemühungen um das Verständnis der Natur zu legen.

In unserer heute beginnenden Beitragsfolge wollen wir auf eine besondere Art zur Beschäftigung mit den Arbeiten der griechischen Astronomen anregen: es geht uns nicht um eine zusammenhängende Darstellung der Herausbildung des geozentrischen Weltbildes. Wer sich für diese Fragen interessiert, möge auf die einschlägige Literatur zurückgreifen. Wir wollen anhand einiger ausgewählter Beispiele aufzeigen, mit welchen Methoden und Mitteln die antiken Astronomen grundlegende Erkenntnisse gesammelt haben und welchen Platz diese Resultate im System der Geschichte des Wissens beanspruchen. Zugleich soll unsere Beitragsfolge jedoch dazu anregen, auf den Spuren dieser Pioniere der Sternforschung zu wandeln, ihre Messungen zu wiederholen und derart durch praktische Arbeit eine lebendige Vorstellung von einigen Fragen aus den Kindertagen der Astronomie zu erwerben. Selbstverständlich werden wir dabei nicht alle Schwierigkeiten aufzürnen, mit denen einst Hipparch oder Ptolemäus zu kämpfen hatten, sondern gelegentlich auch gesichertes Wissen unserer Zeit benutzen, um rascher zu den Ergebnissen zu gelangen, die damals mitunter jahrhundertelange Arbeit erforderten. Phantasievolle junge Amateure werden unsere Vorschläge leicht zu variieren und erweitern verstehen und mit den ihnen gemäßen Möglichkeiten das „antike Programm“ realisieren. Die Redaktion von „Astronomie und Raumfahrt“ wäre erfreut zu hören, welche Erfolge die Leser auf den Spuren der antiken Astronomen errungen haben.

1. Mit Schattenstab und Sonnenring

Eine Reihe grundlegender Erkenntnisse über die (scheinbare) Bewegung der Sonne am Himmel wurde mit dem wohl ältesten Hilfsmittel der Messung, dem schattenwerfenden Stab, auch genannt Gnomon, gewonnen. Soweit unsere Quellen zurückreichen, können wir von diesem unkomplizierten Hilfsmittel der Beobachtung und Zeiteinteilung lesen. Was konnte die Beobachtung des Schattens lehren?

Zu den elementaren Beobachtungsergebnissen zählt zweifellos die Feststellung des Moments, in dem die Sonne ihren höchsten Punkt über dem Horizont des Beobachtungsortes erreicht (wahrer Mittag). Zu diesem Zeitpunkt muß der Schatten des Gnomons am kürzesten sein. Da die Sonne im Süden kulminiert, eignet sich diese Messung gleichzeitig zur Feststellung der Mittagslinie (Meridian). Hierzu wurden die Schattenlängen von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang beobachtet und markiert und dann jeweils gleichlange Schatten am Vor- und Nachmittag miteinander verbunden. Die Halbierung dieser verbundenen Schattenenden ergibt dann die Mittagslinie. Der (wahre) Mittag ist erreicht, wenn der Schatten des Gnomons den Meridian passiert.

Vorständlicherweise ist der Moment des Mittags nicht sehr genau zu ermitteln. Die Ungenauigkeit entsteht einerseits dadurch, daß der Schatten nur relativ langsam fortschreitet, andererseits das Ende des Schattens keine scharfe Begrenzung aufweist. Für den Gebrauch der Gnomone (z. B. in Form von

Obeliken) als antike „Normaluhren“ reichte diese Genauigkeit jedoch aus, wenn es um die Einhaltung von Verabredungen zwecks Abwicklung von Geschäften u. a. ging. Der antike Komödiendichter Aristophanes (um — 445 bis um — 386) berichtet uns sogar von noch viel ungenaueren Zeitmessungen, die im Alltag Anwendung fanden: man einigte sich auf eine bestimmte Schattenlänge des eigenen Körpers als Zeitmaß. Hierbei kam außerdem noch die Zweideutigkeit von Vor- und Nachmittagsstunden ins Spiel, da natürlich je zweimal gleiche Schattenlängen auftreten müssen.

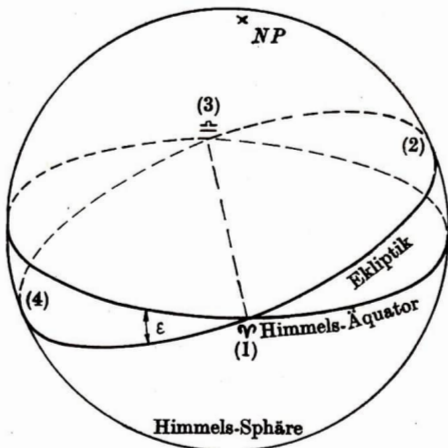
Mit der Feststellung des (wahren) Mittags war zugleich die Definition des Sonnentages als die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Meridiandurchgängen der Sonne nahegelegt.

Außerdem entstand jedoch das Problem der Unterteilung dieses Tages in kleinere Zeiteinheiten. Da nun eine zweite natürliche Tageteilung durch Tag und Nacht gegeben ist, kann man durchaus verstehen, daß diese beiden Abschnitte in jeweils gleiche Bruchteile zerlegt wurden. Der Tag beginnt dann mit dem Sonnenaufgang und endet mit dem Sonnenuntergang, während die Nacht mit dem Sonnenuntergang beginnt und mit dem Sonnenaufgang endet. Schon in der babylonischen Astronomie finden wir eine Unterteilung dieses (Licht-)Tages in 12 Stunden (Temporalstunden), die wiederum zu größeren Einheiten (Wachen) zusammengefaßt wurden. Da Tag und Nacht in diesem Sinne mit der Jahreszeit stark variieren, müssen auch die volkstümlichen **Temporalstunden** je nach der Jahreszeit unterschiedlich lang sein. Daneben gab es aber auch schon die stets gleichlangen **Äquinoktialstunden** als wissenschaftlich gebräuchliche Zeiteinheiten. Jede dieser Stunden ist $1/24$ der Länge des Sterntages lang. Zeitmessungen in Äquinoktialstunden wurden im allgemeinen mit Wasseruhren vorgenommen. Weil die Zeitpunkte des Eintritts astronomischer Ereignisse zumeist in Äquinoktialstunden, für astrologische Zwecke aber in Temporalstunden (oder Wachen) angegeben wurden, war es erforderlich, eine Umrechnung zu bewerkstelligen. Im British Museum in London befindet sich ein Elfenbeinprisma, das in den Ruinen von Ninive gefunden wurde und von dem als gesichert gelten kann, daß es ein Hilfsmittel für diese Umrechnung darstellte. Evident ist hierzu eine recht genaue Kenntnis der Eigentümlichkeiten der Sonnenbewegung für den jeweiligen Ort erforderlich.

Im Standardwerk der antiken Astronomie, dem Almagest des Ptolemäus ist nur von den Äquinoktialstunden Gebrauch gemacht. Doch ergeben sich auch bei der Benutzung streng gleich langer Stunden Diskrepanzen mit der Beobachtung. Die Einteilung der Tage in jeweils gleich lange Stunden (Stunden mittlerer Sonnenzeit oder Sternezeit) kann nämlich nur dann auf einfache Weise mit dem Meridiandurchgang der Sonne (wahre Sonnenzeit) korreliert werden, wenn die (scheinbare) Bewegung der Sonne im Laufe eines Jahres mit konstanter Winkelgeschwindigkeit und entlang des Himmelsäquators erfolgte. In Wirklichkeit bewegt sich jedoch die Sonne auf der Ekliptik mit nichtkonstanter Winkelgeschwindigkeit. Beide Fakten waren bereits in der Antike bekannt. Zu ihrer Feststellung sind wiederum Schattenstäbe oder davon abgeleitete Instrumente ausreichend. Würde die Sonne auf dem Himmelsäquator umlaufen, müßte sie täglich dieselbe Kulminationshöhe erreichen. Tatsächlich variieren die Kulminationshöhen jedoch mit Jahresperiode und erreichen ihre Extrema zum Sommer- und Wintersolstitium. Zum Sommersolstitium erhebt sich die Sonne um denselben Winkel über den Himmelsäquator, um den sie zum Wintersolstitium unter ihm bleibt (Abb. 1). Daraus folgt, daß man aus der Differenz beider Kulminationshöhen durch Halbieren die Schiefe der Ekliptik finden kann. Es ist nicht genau bekannt, wer diesen Winkel erstmals angegeben hat. Indessen steht es fest, daß Anaximandros die Neigung des Tierkreises bereits im 6. Jh. v. u. Z. mit 24° angegeben hat. Wie rasch die Genauigkeit dieser Messung gestiegen ist, zeigt die Angabe der Schiefe der Ekliptik durch Ptolemäus mit $23^\circ 51', 20''$ (tatsächlicher Wert: $23^\circ 40', 50''$).

Der größte beobachtende Astronom der Antike war zweifellos Hipparch (um — 190 bis um — 120). Er ermittelte mit großer Präzision die Zeitpunkte der Äquinoktien und Solstitien, die auf der Ekliptik jene Punkte markieren, die von der Sonne zum Beginn der Jahreszeiten eingenommen werden. Sie liegen auf dem Tierkreis jeweils 90° voneinander entfernt, werden aber nicht nach jeweils gleich langen Zeitabschnitten erreicht. Hipparch leitete aus seinen Messungen folgende Längen der Jahreszeiten ab: 94,5 Tage für den Frühling, 92,5 Tage für den Sommer, 88 Tage für den Herbst und 90 Tage für den Winter. Die Winkelgeschwindigkeit der Sonne in ihrer Bahn erwies sich also als nicht konstant. Bekanntlich galt es aber bei der Entwicklung des geozentrischen Weltbildes als eine unumgängliche Forderung, alle beobachteten Erscheinungen bei der Bewegung der Himmelskörper auf reine und mit konstanter Winkelgeschwindigkeit durchlaufende Kreisbewegungen zurückzuführen. Deshalb ging auch Hipparch von der Annahme einer Kreisbahn für die Sonne aus, die er im Verhältnis der Dauer der Jahreszeiten unterteilte. Die dabei erhaltenen Punkte der Sonnenbahn mußten nun mit den zugehörigen (jeweils 90° voneinander entfernten) Punkten der Ekliptik zur Deckung gebracht werden. Als Resultat ergibt sich eine gegenüber dem Zentrum der Fixsternsphäre exzentrisch gelegene Sonnenbahn (Abb. 2). Hipparch bestimmte nun die Exzentrizität der Sonnenbahn und stellte damit die Theorie der Sonnenbewegung erstmals auf eine quantitative Grundlage, die zugleich die Bestimmung der Sonnenlängen als Funktion der Zeit gestattete. Die Sonnentheorie des Hipparch wurde

Abb. 1



dann weitgehend von Ptolemäus übernommen, der allerdings außerdem nachwies, daß die Bewegung der Sonne statt durch die Annahme eines Exzentrums auch durch Epizykel erklärt werden kann. Unter den speziellen Bedingungen der Sonnenbewegung sind beide gleichwertig.

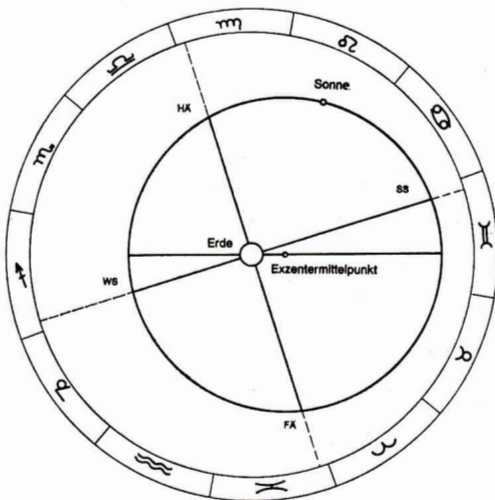


Abb. 2:
Exzentertheorie
der Sonne
gemäß Hipparch.

Doch kehren wir nun noch einmal zu dem anfangs diskutierten Problem der Zeitmessung zurück. Die Kenntnis der Anomalie der Sonnenbewegung und die Kenntnis der Schiefe der Ekliptik sind bereits ausreichend, um zu erkennen, daß die einzelnen Sonnentage nicht gleichlang sein können. Allerdings ist die maximale Differenz der Dauer der wahren Sonnentage recht gering: der längste mögliche Sonnentag dauert 24 Stunden 32 Sekunden der mittleren Sonnenzeit, der kürzeste 23 Stunden 59 Minuten 39 Sekunden der mittleren Sonnenzeit. Richtig bemerkte aber Ptolemäus hierzu, daß sich dieser Unterschied stark bemerkbar machen könne, „wenn er sich bei einer größeren Zahl von Sonnentagen“ summiert [2]. Ptolemäus kannte also die Zeitgleichung als eine Beziehung zwischen der wahren Sonnenzeit und der auf den gleichlangen Äquinoktialstunden beruhenden Zeit und gab auch eine theoretische Darstellung über den Anteil, den die Schiefe der Ekliptik und die Anomalie der Sonnenbewegung an der Zeitgleichung hat.

Zum Schluß dieses historischen Teils soll noch die Tatsache Erwähnung finden, daß Ptolemäus – soweit er selbst beobachtet hat – dazu auch einige von ihm entwickelte Instrumente einsetzte, die hinsichtlich ihrer Perfektion weit über den einfachen Schattenstab hinausgingen (vgl. die entsprechenden Kapitel im *Almagest*). Von diesen Hilfsmitteln sei hier noch besonders der sog. Mittagsring hervorgehoben, mit dem sich ein Teil der oben geschilderten Messungen in ähnlicher Weise wie mit dem Schattenstab ausführen läßt. Im nachfolgenden praktischen Teil, in dem wir einige Anregungen zur Durchführung von Messungen geben, wird deshalb auch in modifizierter Form von einem solchen Ring Gebrauch gemacht.

2. Wir werken und messen

Zuerst sollen einige Beobachtungen mit dem Schattenstab beschrieben werden. Wir können Schattenstäbe sehr verschiedener Länge für unsere Messungen benutzen, allerdings wird die Genauigkeit der Messungen nicht so sehr durch die Länge des Schattenstabes bestimmt, wie man vielleicht annehmen könnte. Vielmehr besteht die Schwierigkeit darin, die Lage des Schattens, besonders seines Endpunktes, in der horizontalen Ebene genau zu bestimmen. Auf Grund des scheinbaren Durchmessers der Sonne von rund $0,5^\circ$ wirft der Schattenstab einen Halb- und einen Kernschatten (Abb. 3), vergleichbar mit den Erscheinungen des Erdschattens, den wir bei einer Mondfinsternis beobachten können. Schon mit einem kleinen Schattenstab können wir eine relativ große Genauigkeit der Beobachtung erreichen, wenn wir bei seiner Aufstellung sorgfältig die möglichen Fehler beachten und zu vermeiden suchen.

Das hier abgebildete Gerät (Abb. 4) besteht aus einer ebenen Grundplatte der Fläche $20 \cdot 30 \text{ cm}^2$ und

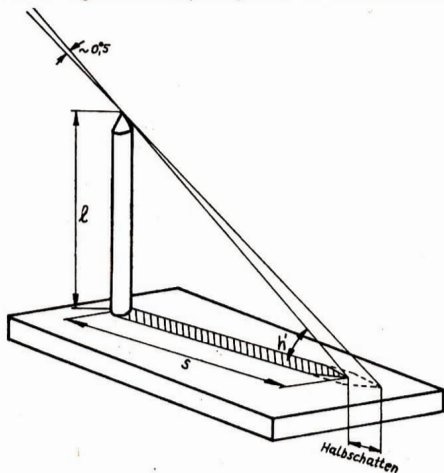


Abb. 3

einem Schattenstab von 150 mm Länge. Die Grundplatte ist eine beiderseits beschichtete Möbelplatte, die eine für unsere Zwecke völlig ausreichende Ebenheit besitzt. Es läßt sich selbstverständlich auch jede andere ebene Platte verwenden. Der Stab besteht aus Rundaluminium mit einer angedrehten Spitze. Er ist in einer Bohrung in Randnähe der kurzen Seite der Grundplatte befestigt. Die Länge des Stabes ist mit den angegebenen Maßen der Platte für Beobachtungen um die Zeit der Äquinoktien geeignet. Zur Beobachtung bei tieferem Sonnenstand muß er kürzer sein (60 mm), zur Zeit des Sommersolstitiums sollte er länger sein, um die mögliche Genauigkeit des Gerätes auszuschöpfen. Die Grundplatte erhält auf der Unterseite eine Bohrung zur Aufnahme eines Gewindestückes, wie es zur Befestigung von Fotogeräten an Stativen handelsüblich ist. Dieses Gewindestück ist in der Platte eingeklebt und gestattet so die Verwendung unseres Gerätes auf einem Fotostativ. Bei der Befestigung des Stabes in der Grundplatte ist mit Hilfe eines Anschlagwinkels oder ähnlichem die senkrechte Lage des Stabes zur Grundebene einzustellen. Zur Messung selbst können wir unser Gerät auf zwei verschiedene Arten einrichten. Entweder bringen wir die Grundplatte mit Hilfe einer Richtwaage (Libelle, „Wasserwaage“) in die horizontale Ebene, oder wir richten den Schattenstab mit Hilfe eines angebrachten kleinen Lotes senkrecht zur Horizontebene ein. Die letztgenannte Methode ist bei dem hier abgebildeten Gerät angewendet worden, denn so läßt es sich auf einfache Weise ausreichend genau aufstellen. Vorher haben wir bereits ein passendes Blatt Papier auf der Grundplatte so mit Klebeband befestigt, daß wir später bei der Auswertung den Fußpunkt des Schattenstabes auf unserem Blatt festlegen können.

Etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden vor dem erwarteten Meridiandurchgang der Sonne beginnen wir mit den Messungen. In kurzen Zeitabständen von vielleicht 3 Minuten beobachten wir den Schatten des Gnomons, zeichnen seinen Endpunkt auf und notieren die Zeit. Es sollte jeweils der Endpunkt des Kernschattens angezeichnet werden, er ist noch am ehesten genau genug zu erkennen. Auch ist der Endpunkt des Schattens um so genauer festzustellen, je klarer der Himmel während der Beobachtungszeit ist. Die Messungen werden etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Meridiandurchgang beendet. Zur Auswertung werden die Schattenlängen dem Meßblatt direkt entnommen und über der Zeit grafisch dargestellt. Die Zeit des kürzesten Schattens der Sonne ist die Zeit ihres Meridiandurchgangs (wahrer Mittag des Beobachtungsortes). Diese Zeit wird am genauesten nach der Methode der korrespondierenden Höhen bestimmt: es werden jeweils die Zeitpunkte gleicher Schattenlängen vor und nach dem Meridiandurchgang der Sonne festgestellt, ihr Mittel ist die gesuchte Zeit des wahren Mittags. Aus der grafischen Darstellung kann nun leicht die Länge des kürzesten Schattens entnommen werden, damit läßt sich die Kulminationshöhe der Sonne bestimmen.

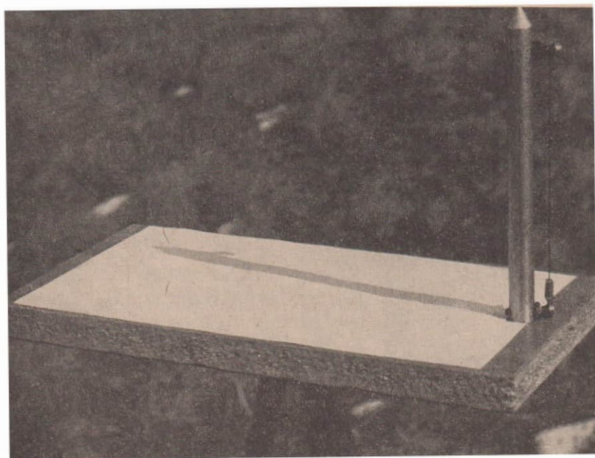


Abb. 4

Eine praktische Messung mit dem in Abb. 4 gezeigten Gerät brachte folgendes Ergebnis:

1976 März 7 Beobachtungsort geografische Breite $\varphi = 52^{\circ}29'4''$
 geografische Länge $\lambda = -0^h54^m28^s$

Kulminationszeit der Sonne aus 4 Paaren korrespondierender Höhen: $12^h16^m06^s$ MEZ.

Mit Hilfe eines astronomischen Jahrbuches und der angegebenen Länge des Beobachtungsortes ergibt sich die gleiche Zeit für die Sonnenkulmination durch Rechnung! Hier zeigt sich, daß es keinesfalls übertrieben ist, die Zeiten während der Beobachtung sekundengenau zu notieren. Es sei jedoch daran erinnert, daß die Astronomen des Altertums keine so bequemen Zeitmesser besaßen, wie wir sie heute benutzen. Sie konnten sicher den Zeitpunkt der Kulmination ebenso genau bestimmen, nur war die Angabe der Kulminationszeit in Äquinoktialstunden wesentlich ungenauer möglich.

Die Kulminationshöhe der Sonne ergibt sich nach Abb. 3 zu

$$h' = \arctan l/s$$

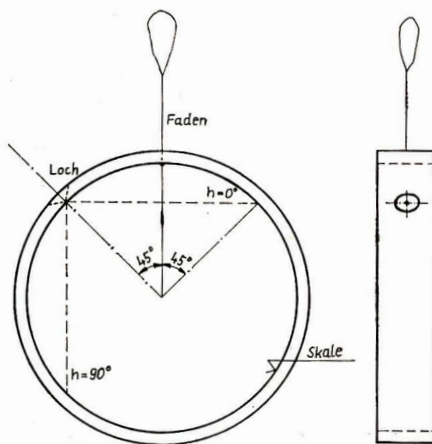
In dem praktisch gemessenen Fall ergab sich $h' = 32^{\circ}46'$. Da wir als Schattenlänge den Kernschatten des Gnomons gemessen haben, ist der Winkel h' gegenüber der auf den Sonnenmittelpunkt bezogenen Sonnenhöhe h um einen Sonnenhalbmesser zu groß, wie aus Abb. 3 leicht abzuleiten ist. Es ergibt sich daher die Sonnenhöhe 1976, März 7 zur Zeit der Kulmination zu $32^{\circ}46' - \text{Sonnenhalbmesser } 0^{\circ}27' = h = 32^{\circ}19'$.

Mit Jahrbuchangaben und der geografischen Breite des Beobachtungsortes errechnet sich die Höhe zur gleichen Zeit zu $h = 32^{\circ}38'$. Auch hier ist der Beobachtungsfehler mit knapp $-0^{\circ}2'$ gegenüber der Rechnung erstaunlich gering, wirken sich doch alle Fertigungs- und Aufstellungsfehler unseres Gerätes bei der Höhenbestimmung aus der kürzesten Schattenlänge in viel stärkerem Maße aus, als bei der Bestimmung der Kulminationszeit.

Mit weitaus weniger Aufwand zu handhaben ist der sogenannte Sonnenring (Abb. 5). Eine Messung mit ihm ergibt direkt die momentane Sonnenhöhe. Aus verschiedenen Messungen um die Zeit des Meridiandurchgangs läßt sich dann auch wieder die Kulminationszeit bestimmen. Allerdings ist seine Herstellung etwas aufwendiger als die des Schattenstabs. Das Prinzip des Sonnenrings ist aus Abb. 6 zu erkennen. Bei seiner Fertigung gehen wir von einem metallenen Ring aus, dessen Außen- und Innendurchmesser auf einer Drehmaschine gut zentriert zueinander hergestellt wird. Die Wandstärke sollte etwa 5 mm betragen, der Innendurchmesser nicht weniger als 70 mm. Die Breite ist mit 15 bis 20 mm ausreichend. Der Ring wird an einem dünnen Faden frei aufgehängt und erhält dadurch seine Orientierung. 45° vom Aufhängungspunkt entfernt erhält der Ring eine kleine Bohrung. Durch diese Bohrung fällt während der Messung das Sonnenlicht in die Innenfläche des Ringes auf eine

Abb. 5, unten

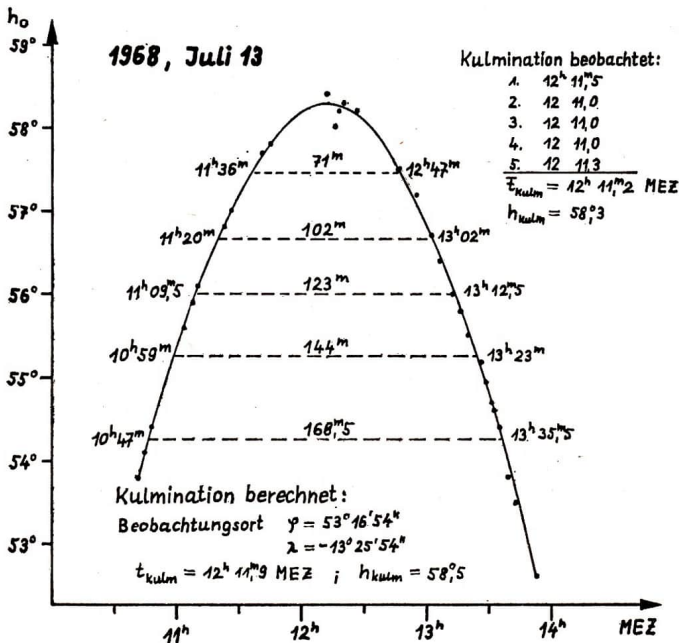
Abb. 6, rechts



Skale, an der die Sonnenhöhe direkt abgelesen werden kann. Entsprechend dem bekannten Lehrsatz der ebenen Geometrie, daß der Zentriwinkel gleich dem zweifachen Peripheriewinkel über derselben Sehne ist, lesen wir auf der Innenfläche des Ringes den doppelten Winkel der Sonnenhöhe ab. Vorteilhaft berücksichtigen wir diese Tatsache gleich bei der Teilung der Skale.

Wenn es uns nicht möglich ist, die Skale und die Bohrungen fachgerecht anzubringen, können wir uns auch auf andere Weise behelfen. In den fertig gedrehten Ring kleben wir eine Skale aus Millimeterpapier ein. Wollen wir auf dieser Skale wieder direkt die Sonnenhöhe ablesen, müssen wir von der Millimeterteilung ausgehend den Innendurchmesser des Ringes berechnen. Sollen z. B. 2 mm einem Grad Höhenwinkel entsprechen, ist der Innendurchmesser auf 114,7 mm auszudrehen. Dabei ist bereits die Papierstärke mit 0,1 mm berücksichtigt. Die Lage der Aufhängung und die Bohrung für den Eintritt des Sonnenlichts läßt sich ebenfalls mit dieser Innenteilung bestimmen. Es ist zu beachten, daß sich die wirksame Eintrittsbohrung an der inneren Fläche des Ringes befinden muß. Die Größe der Eintrittsbohrung sollte nicht mehr als 1 mm betragen. Besser ist es, sie entsprechend einer Lochkamera zu bemessen, so daß auf der Skale ein kleines Sonnenbild entsteht. Für einen Ringdurchmesser von 114 mm ergibt sich ein Lochblendendurchmesser von 0,35 mm. Eine solche Lochblende, aus Aluminiumfolie hergestellt, können wir an entsprechender Stelle in den Ring einkleben, die Bohrung im Ring selbst wird dann größer gewählt. Die grafische Darstellung einer praktisch durchgeführten Meßreihe ist in Abb. 7 zu sehen. Dabei ist die Zeit nur mit Minutengenauigkeit registriert worden, trotzdem beträgt der Fehler der so bestimmten Kulminationszeit gegenüber der für den Ort aus Jahrbuchangaben berechneten Zeit nur 43".

Abb. 7



Die hier etwas ausführlich geschilderten Meßmethoden können nun dazu dienen, neben der Bestimmung des wahren Mittags und der Lage des Meridians auch einige fundamentale Punkte der scheinbaren Sonnenbahn zu finden. Die Beobachtung des kürzesten und längsten Schattens des Gnomons während des Meridiandurchgangs der Sonne im Verlaufe eines Jahres ergibt den Zeitpunkt der Sonnenwenden (Solstitien). Um die Zeit der Solstitien ist die Änderung der Mittagshöhe der Sonne nur gering. Die Zeit der Solstitien wird daher am besten durch korrespondierende Mittagshöhen im Zeitraum von je 20 Tagen vor und nach den Solstitien bestimmt. Da ein Solstitium im allgemeinen nicht gerade auf die Zeit eines Meridiandurchgangs für den Beobachtungsort fällt, werden wir die Zeiten für korrespondierende Mittagshöhen durch lineare Interpolation bestimmen. Aus den beobachteten Kulminationshöhen der Sonne zu den Solstitien ergeben sich, wie aus Abb. 1 leicht zu entnehmen ist, zwei fundamentale Winkel:

$$\text{Schiefe der Ekliptik } \varepsilon = \frac{h_s - h_w}{2}$$

Höhe des Äquators im Meridian (Äquatorkulm) $H = h_w + \varepsilon = h_s - \varepsilon$ und damit die geograf. Breite des Beobachtungsortes $\varphi = 90^\circ - H$.

Da wir nun die Höhe des Äquators im Meridian kennen, können wir durch Beobachtung die Zeiten bestimmen, zu denen die Sonne durch die Äquinoktialpunkte geht. Auch diese Zeiten werden gewöhnlich nicht gerade mit der Zeit eines Meridiandurchgangs der Sonne für den Beobachtungsort zusammenfallen, so daß wir auch hier diese Zeiten durch lineare Interpolation bestimmen müssen. Sind diese Messungen alle gelungen, können wir nun auch die unterschiedliche Länge der vier Jahreszeiten bestimmen, die ja, wie bereits ausgeführt, schon Hipparch bekannt waren.

Führen wir unsere Messungen sorgfältig durch und sind die Wetterbedingungen um die Zeit des Sonnenlaufs durch die Solstitien und Äquinoktien günstig, können wir in einem Jahr einen kompletten Satz dieser Messungen gewinnen. Die Regel wird jedoch sein, daß dazu Meßreihen aus mehreren Jahren benutzt werden müssen. Aber gerade das ist der Grund für die relativ hohe Genauigkeit, mit der die Werte der hier behandelten Größen bereits im Altertum bekannt waren. Besonders auch die Länge des mittleren tropischen Jahres ist nicht durch einjährige Beobachtung zu bestimmen. Die Nutation ändert periodisch die Lage des Frühlingspunktes und erst Beobachtungen über mehrere Nutationsperioden lassen die mittlere tropische Jahreslänge ausreichend genau erkennen. Vergessen wir auch nicht, wie schon an anderer Stelle erwähnt, daß wir immer unsere, für uns jederzeit bequem zugängliche, gleichförmige Zeitskala in unsere Beobachtungen einbrachten und damit eine wesentliche Fehlerquelle in den Beobachtungen der Alten von vornherein ausgeschaltet haben.

(Wird fortgesetzt).

Literaturhinweise am Schluß von Teil III.

Analogen zwischen kosmischen Systemen verschiedener Größenordnungen

RN Dr. JAROMÍR ŠIROKÝ

Aus dem Tschechischen übersetzt von Arnold Zenkert

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts bemerkte der schwedische Astronom C. V. Charlier, daß das Weltall „hierarchisch“ aufgebaut sei. Für die Zeit bis zum Ende des 19. Jahrhunderts bildete das Sonnensystem das typische Forschungsobjekt. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wendet sich das Interesse der Astronomen der Erforschung unseres Milchstraßensystems zu (1927 beweist der holländische Astronom J. H. Oort die Rotation der Galaxis), und das Ende der fünfziger Jahre steht im Zeichen der Erforschung der Supergalaxien. Gleichzeitig werden den Fernrohren etwa 1 Milliarde Galaxien zugänglich.

Die Forschungen von M. S. Ejgenon [1] in den Jahren 1955 bis 1963 zeigten, daß zwischen der Struktur des Sonnensystems und der Struktur unserer Galaxis eine Reihe von übereinstimmenden Zügen

existiert. Diese Forschungen kann man auch auf das System der lokalen Supergalaxis ausdehnen. Dies war das Verdienst von D. de Vaucouleurs [2], der sich in den vergangenen Jahren damit eingehend befaßte.

Schließlich gehören Quasare, die eine ungewöhnlich große Rotverschiebung aufweisen, zu den bedeutendsten Entdeckungen der letzten Jahre. Die Entdeckung der Quasare wird in den nächsten Jahren unsere Vorstellungen von der Struktur des bisher zuletzt bekannten Systems — der Metagalaxis — bereichern.

Das Sonnensystem

Das Sonnensystem hat folgenden charakteristischen Aufbau: Der Zentralkörper ist die Sonne, deren Masse mit $(1,991 \pm 0,002) \cdot 10^{30}$ kg 98,6 % der Gesamtmasse des Sonnensystems enthält (die Zahlenangaben sind größtenteils der Publikation von C. W. Allen [3] entnommen).

Im Sonnensystem kann man drei grundlegende Untersysteme, das flächenhafte, das mittlere, und das kugelförmige, unterscheiden.

Das flächenhafte Untersystem, das die interplanetare Materie und das System der großen Planeten bildet, ist praktisch in der Ekliptikebene angeordnet. Wie bekannt, besitzen die großen Planeten folgende Eigenschaften:

a) alle Planeten umlaufen in der gleichen (Bewegungs-) Richtung die Sonne auf elliptischen Bahnen, in einem Brennpunkt steht die Sonne.

b) Die Exzentrizität der Planetenbahnen (mit Ausnahme von Merkur und Pluto) ist gering; der mittlere Wert liegt bei 0,081 (ohne Pluto bei 0,060). Die Exzentrizität der Planetenbahnen ändert sich allmählich. Bei Merkur, Mars, Jupiter und Neptun nimmt sie zu, bei Venus, Erde, Saturn und Uranus nimmt sie ab. Die Exzentrizität der Erdbahn nimmt jährlich um etwa 4 Einheiten in der 7. Dezimalstelle ab.

c) Die Entfernungen der Planeten von der Sonne kann man nach der Regel von Titius-Bode oder von Mohorowitsch einordnen.*)

d) Physikalisch gesehen besteht ein deutlicher Unterschied zwischen den erdähnlichen Planeten (Merkur, Venus, Erde und Mars), die eine relativ geringe Masse, aber eine große mittlere Dichte ($\bar{\rho} = 4930$ kg m⁻³) besitzen, während die großen Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) eine zehnmal größere Masse, aber dagegen eine sehr geringe mittlere Dichte ($\bar{\rho} = 1460$ kg m⁻³) haben. Die Besonderheiten der großen Planeten sind eine verhältnismäßig rasche Rotation, eine deutliche Abplattung und eine dichte Atmosphäre, gebildet aus Methan (CH₄) und Ammoniak (NH₃).

Die Gesamtmasse aller Planeten einschließlich Erde beträgt 447,9 Erdmassen, die Masse der Erde $(5,977 \pm 0,004) \cdot 10^{24}$ kg.

e) Die mittlere Bahnneigung der großen Planeten gegenüber der Erdbahnebene beträgt 4°28'; falls wir Pluto weglassen ($i = 17^{\circ}08'44''$), beträgt sie nur 2°39'. Wie wir im weiteren noch sehen werden, ist dies der kleinste Wert von allen übrigen Untersystemen im Sonnensystem, so daß wir mit vollem Recht behaupten können, daß die großen Planeten ein flächenhaftes Untersystem bilden.

f) Die Knotenlinie dreht sich unter dem Einfluß der Bewegung, dies geschieht bei allen Planeten im rückläufigen Sinne. Als Folge der Bewegung dreht sich die Apsidenlinie, vorwiegend rechtläufig d. h. in der Richtung des Umlaufes. Daher ist die anomalistische Umlaufzeit länger als die siderische.

Die interplanetare Materie, soweit durch die direkte Beobachtung in Form des Zodiakallichtes (einschließlich des Gegenscheins) zugänglich, wird von winzigen, verstreut angeordneten Teilchen in der Nähe der Erdbahnebene gebildet. Nach C. Hoffmeister [4] ändert sich die Äquatorneigung des Zodiakallichtes in Abhängigkeit von der Sonnenentfernung. Im Abstand von 0,5 AE beträgt sie 2,8°, bei 1 AE 1,6° und bei 2 AE ist sie nur noch 1,5°.

Als das mittlere Untersystem können wir das System der Planetoiden ansehen, die die Sonne vorwiegend zwischen der Mars- und der Jupiterbahn umkreisen (bis Ende 1960 sind die Bahnen von 1630 berechnet worden). Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 2,9 AE. Die Umlaufzeiten der Planetoiden liegen im Bereich von 3,3 bis 6,0 Jahren (das betrifft 94 %), die mittlere Umlaufzeit beträgt 4,5 Jahre und die mittlere Exzentrizität ihrer Bahnen 0,15. In Übereinstimmung mit den großen Planeten haben die Planetoiden eine mittlere Bahnneigung von 9,7°, wobei die Neigungen von 6° bis 52° schwanken.

In physikalischer Hinsicht sind die Planetoiden mit den erdähnlichen Planeten zu vergleichen, da ihre mittlere Dichte 3500 kg m⁻³ beträgt und die Gesamtmasse allerdings nur 0,0003 Erdmassen.

*) Die Titius-Bodesche Regel für die Entfernungen von der Sonne: $D = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$, dabei ist n für Merkur $-\infty$, Venus 0, Erde 1, Mars 2, Jupiter 4 usw.; die Entfernungen von der Sonne werden in Astron. Einheiten ausgedrückt.

Die Regel nach Mohorowitsch (1938): $D = 3,363 \pm 3,363 \cdot 0,88638^n$; nähere Erklärung siehe in *Astronomie I*, Praha 1954, S. 402.

Nach S. K. Vsechsvjatskij [5] umfaßt die Masse der Planetoiden insgesamt 0,001 Erdmassen und es bestehen alle Gründe zur Annahme, daß von den Planetoiden zu den Meteoriten ein allmählicher Übergang besteht. Die Anzahl aller Planetoiden im Sonnensystem beläuft sich auf einige Tausend.

Als die Bestandteile des kugelförmigen Untersystems sind die Kometen mit ihren parabolischen Bahnen anzusehen, deren Bahnneigungen im Bereich von 0° bis 180° liegen; der mittlere Wert der Neigung der Bahnebene beträgt $94,3^\circ$. Im Gegensatz dazu bilden kurzperiodische Kometen, deren Umlaufzeit kleiner als 100 Jahre ist, deutlich ein mittleres Untersystem. Es handelt sich um etwa 40 Kometen, die so hell sind, daß sie in der Nähe des Perihels ihrer Bahn beobachtet werden können.

Diese Kometen (mit Ausnahme des bekannten Halleyschen Kometen) bewegen sich rechtläufig und sind mindestens bei 4 Umläufen zu beobachten. Von den 40 kurzperiodischen Kometen, die der oben angeführten Bedingung entsprechen, wurde eine mittlere Umlaufzeit von 7 Jahren, eine Bahnexzentrizität von 0,56 und eine Bahnneigung von 15° bestimmt. Wenn wir uns nur auf diejenigen Kometen beschränken, deren Periode kürzer als 10 Jahre ist, beträgt die mittlere Bahnneigung 11° . Wie bekannt, bilden die kurzperiodischen Kometen „Familien“, die man nach der Lage ihrer Aphelie Jupiter, Saturn, Uranus oder Neptun zuordnet.

Als Besonderheiten zeigen die Kometen der Jupiterfamilie hinsichtlich ihrer Bewegungsverhältnisse einen „planetaren“ Charakter. Sie bewegen sich im rechtläufigen Sinne und haben eine geringe Bahnneigung; es existieren also Kometen, die in ihren Bewegungen den Planetoiden ähneln und umgekehrt sind die Planetoiden mit ihren Bahnen den kurzperiodischen Kometen ähnlich.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Monde der Planeten.

Das System der 12 Jupitermonde gliedert sich in 2 verschiedene Untersysteme: Die Monde I bis V besitzen eine Neigung von nur 3° , die Monde VI, VII und X von 28° gegenüber der Äquatorebene des Planeten und die Monde VIII, IX, XI und XII bewegen sich sogar rückläufig. Die Unterschiede in der Größe dieser Körper sind offensichtlich: der Mond III (Ganymed) ist sogar größer als Merkur.

Das System der 10 Saturnmonde*) hat mit Ausnahme des 8. und 9. Mondes eine ganz minimale Bahnneigung, die größte Neigung hat der 9. Mond (Phoebe, $i = 175^\circ$), der sich rückläufig bewegt. Die Besonderheiten unter den Saturnmonden sind der ungewöhnlich große 6. Mond (Titan, sein Radius $R = 2500$ km und die Masse $M = 137 \cdot 10^{21}$ kg), der mit seiner mehr als hundertfachen Masse alle übrigen Saturnmonde übertrifft.

Als Beispiel für das gesamte flächenhafte Untersystem gelten die 5 Monde des Uranus, deren Bahnneigungen faktisch null sind. Man muß dabei unterscheiden, daß der Äquator des Planeten Uranus mit der Ebene der Umlaufbahn einen Winkel von $97^\circ 59'$ (!) einschließt, der größte bei allen Planeten. Die Gesamtmasse aller 32 bisher bekannten Monde beträgt 0,12 Erdmassen.

Vorausgesetzt, daß die Masse des Sonnensystems ($1,994 \cdot 10^{30}$ kg) in einer Kugel mit dem Radius von 40 astronomischen Einheiten angeordnet ist, beträgt die durchschnittliche Dichte der Materie im Sonnensystem $2,2 \cdot 10^{-9}$ kg m $^{-3}$.

Den Radius der Plutobahn ($a = 40$ AE) hält M. S. Ejgenzon für die Grenze des sog. „kleinen Sonnensystems“, während die Kometen mit parabolischen Bahnen noch das „große Sonnensystem“ bilden. Nach J. H. Oort [6] befindet sich in einer Entfernung von 50000 AE von der Sonne ein Kometenreservoir, von dem Kometen in die Nähe der Sonne gelangen. In dieser Entfernung macht sich bereits ein schwacher Einfluß der benachbarten Sterne bemerkbar. Daher kann man das Sonnensystem annähernd mit der spiralförmigen Galaxis vergleichen: In der Mitte des Systems befindet sich die Sonne, vergleichbar mit dem Kern der Galaxis, das flächenhafte und mittlere Untersystem bildet das kleine Sonnensystem und der „Halo“ mit fast kugeligem Aussehen wird von dem System der Kometen mit parabolischen Bahnen gebildet.

Die Galaxis

Das Milchstraßensystem, von dem unser Sonnensystem ein Bestandteil ist, wird nach der Hubble'schen Klassifikation dem Spiraltyp Sb zugeordnet. Die Sonne befindet sich nicht näher als 8 kpc und nicht weiter als 9 kpc vom Zentrum der Galaxis entfernt.***) Die Mitte der Galaxis liegt, wie aus dynamischen Erwägungen abgeleitet wird, in Richtung des Sternbildes Schütze ($l = 327,76^\circ$, $b = -1,40^\circ$ im alten galaktischen Koordinatensystem). Mit Hilfe der elektronischen Bildauswertung ($\lambda = 9800$ Å) entdeckten im Jahre 1949 A. A. Kalinjak, V. I. Krasovskij und B. V. Nikonov in der galaktischen Länge $l = 330^\circ$ den elliptischen Kern mit dem Ausmaß von 1,2 kpc. Wie Oort und Rougoor zeigten,

*) Ende 1966 gab Dr. Dollfus die Entdeckung des 10. Saturnmondes bekannt, dessen Bahn nahezu kreisförmig ist. Er bewegt sich in einer Entfernung von 150000 km in fast 18 Std. um den Saturn. Er erhielt die Bezeichnung Janus.

**) Nach G. M. Idlis [8] beträgt die Entfernung der Sonne vom Zentrum der Galaxis ($8,5 \pm 0,6$) kpc und der Halbmesser der galaktischen Ebene (19 ± 1) kpc. Die Gesamtmasse der Galaxis bestimmt er mit $(1,00 \pm 0,14) \cdot 10^{11}$ Sonnenmassen.

befindet sich im Umkreis von 150 pc vom geometrischen Mittelpunkt der Galaxis eine 500 bis 1000mal größere Dichte der Materie als in der Umgebung der Sonne; im Umkreis von 60 pc beträgt die Gesamtmasse etwa $5 \cdot 10^6$ Sonnenmassen.

Außer dem Sternensystem befindet sich in einem bedeutenden Teil der Galaxis interstellare Materie. Die Mehrzahl des neutralen Wasserstoffs (H I) ist in einer sehr dünnen diskusähnlichen Scheibe entlang der galaktischen Ebene konzentriert. Der Wasserstoff ist in mehr oder weniger regelmäßigen spiralförmigen Ästen angeordnet, die um 2 bis 2,5 kpc voneinander entfernt sind. Die größte Dichte erreicht der neutrale Wasserstoff in einer Entfernung von 6,5 kpc vom Zentrum (1 Atom/cm^3), in 14 kpc Entfernung sind es nur noch $0,1 \text{ Atom/cm}^3$. Dagegen erreicht in einer Entfernung von 4 kpc der ionisierte Wasserstoff mit 0,5 Ionen im Kubikzentimeter die maximale Dichte. In der Ebene der Galaxis entfallen durchschnittlich auf 10 kpc Entfernung etwa 10 Wolken interstellarer Materie. Der Durchmesser einer Wolke beträgt etwa 10 pc, die mittlere Dichte in der Wolke liegt bei 10 Atomen Wasserstoff auf 1 cm^3 .

Die Masse der Galaxis beläuft sich auf $1,82 \cdot 10^{11}$ Sonnenmassen, die Masse des Kerns auf $0,64 \cdot 10^{10}$ Sonnenmassen; auf den Kern entfallen also nur 3,5 % der Masse des gesamten Systems. Der Durchmesser des Systems beträgt 30 kpc, die Stärke des zentralen Teils 5 kpc.

Besonders interessant ist der Ablauf der Rotation in der Galaxis. In der Umgebung der Galaxis bis zu einer Entfernung von etwa 1,5 kpc rotiert die Galaxis wie ein fester Körper, dies bedeutet, daß der Kern der Galaxis ein verhältnismäßig homogenes Gebilde darstellt. Von dort bis zu einer Entfernung von 8 kpc, d. h. annähernd in die Entfernung unserer Sonne, ändert sich die Rotationsgeschwindigkeit geringfügig und bei mehr als 8 kpc finden wir ein Absinken der linearen Rotationsgeschwindigkeit, die der von der Kepler-Rotation geforderten sehr nahe kommt.

Die Populationen in der Galaxis unterteilt man nach der physikalischen Beschaffenheit in Untersysteme, nach den kinematischen und räumlichen Charakteristiken in Einzelbestandteile. Untersysteme und Bestandteile gliedert man in flächenhafte, mittlere und kugelförmige. Die typischen Vertreter der einzelnen Untersysteme und Bestandteile sind in der Tabelle am Schluß des Beitrages aufgeführt.

Unsere Galaxis besitzt zwei Satelliten, die als die Große und die Kleine Magellansche Wolke bezeichnet werden. Sie zeigen sich als zwei Wölchchen von der Milchstraße (südlicher Himmel) getrennt; der scheinbare Durchmesser der Großen Wolke beträgt 7° , der der Kleinen etwa $3,5^\circ$. Eine Gesamtdarstellung beider Wolken hat G. M. Idlis [8] veröffentlicht. Die Entfernung dieser Wolken vom Zentrum der Galaxis bestimmte er mit $(46 \pm 3) \text{ kpc}$, die Entfernung beider Wolken voneinander beträgt annähernd 16 kpc. Der Halbmesser der Großen Wolke ist 7 kpc, der der Kleinen 5 kpc groß. Die Masse der beiden Wolken beläuft sich auf $3,2 \cdot 10^9$ Sonnenmassen. Die Radialgeschwindigkeit der Großen Wolke beträgt $(+280 \pm 1) \text{ km s}^{-1}$, die der Kleinen Wolke $(+161 \pm 1) \text{ km s}^{-1}$.

Aus der Radialgeschwindigkeit wurde die Rotation beider Satelliten der Galaxis und deren Umlauf um den gemeinsamen Schwerpunkt bestimmt.

Die Supergalaxis

Nach D. de Vaucouleurs [2] enthält die lokale Supergalaxis etwa 10^4 Galaxien, die eine Ansammlung in Form von Nestern und Haufen bilden.*) Der Durchmesser der Supergalaxis beträgt etwa 30 Megaparsec (Mpc), in Richtung zu den Polen ist dieses System abgeflacht. Die Lage des Nordpols wird mit $l' = 15^\circ$ und $b' = +5^\circ$ (im alten galaktischen Koordinatensystem) angegeben, das bedeutet, daß die Ebene der Supergalaxis mit der der Galaxis annähernd zusammenfällt. Die Mitte des Systems liegt in der Richtung zum Sternbild Jungfrau und unsere Galaxis befindet sich in 10 Mpc Entfernung vom Zentrum der Supergalaxis entfernt. Die Masse der Supergalaxis beläuft sich auf 10^{15} Sonnenmassen.

Auch bei unserer Supergalaxis wurde die Existenz eines Satelliten festgestellt, dessen Gestalt der lokalen Supergalaxis ähnelt.

Es ist allerdings wichtig zu bemerken, daß die Galaxien in erheblichem Maße voneinander isoliert und dynamisch unabhängig sind. Jedoch wurden drei Gruppen von Galaxien ermittelt, in denen diese Unabhängigkeit beeinträchtigt wird:

a) Galaxien mit wechselseitiger Beeinflussung; b) Doppel- und Mehrfachgalaxien, die durch Brücken verbunden sind; c) Radiogalaxien, die sich im Stadium des Zerfalls befinden.

Wie W. A. Ambartzumjan zeigte, kann man annehmen, daß einige Galaxienhaufen Untersysteme bilden. So befinden sich z. B. im Galaxienhaufen des Sternbildes Coma Berenices eine Riesengalaxis vom Typ S_0 , die von einer kugelförmigen Wolke aus elliptischen Galaxien mit geringer Leuchtkraft um-

*) Nach Schätzungen schwankt die Anzahl der Galaxien in der Supergalaxis zwischen 10000 bis 15000.

geben ist. Sie bildet also einen Haufen mit einem großen Dichtegradienten in Richtung zur Mitte, dem Inneren des Galaxienhaufens. Man kann ebenfalls zwei Typen von Populationen der Galaxien unterscheiden: Der 1. Typ wird von spiralförmigen Galaxien und unregelmäßigen Galaxien gebildet, der 2. Typ besteht aus elliptischen Galaxien und Galaxien des Typs S_0 .

Tabelle 1

Vergleich kosmischer Systeme verschiedener Größenordnungen

Sowjet. Terminologie	Flächenhaftes Untersystem (Flächenhafte Lage)	Mittleres Untersystem (Mittlere Lage)	Kugelförmiges Untersystem (Kugelförmige Lage)
Amerik. Terminologie	Population des I. Typs	Scheiben-Population	Population des II. Typs (Halo, Korona)
Sonnensystem	Interplanetare Materie ($i = 2^*$) System der großen Planeten ($i = 4,5^*$)	Planetoiden ($i = 9,7^*$) Kurzperiod. Kometen ($P < 100$ Jahre; $i = 15^*$)	Kometen mit parabolischen Bahnen ($i = 94,3^*$)
Galaxis	Interstellare Materie (neutraler Wasserstoff, ≈ 21 cm; Nebelwolken mit H_α -Emissionen) Sterne II ⁻ - R, O - B ₁ , B ₂ - B ₃ Sternassoziationen der Typen O und T Offene Sternhaufen Sterne mit kräftigen Spektrallinien Alter: 0,1 bis $1,5 \cdot 10^8$ Jahre	Sterne des galaktischen Kernes u. Sterne der Hauptreihe (Spektralklassen dG-dM) Unregelmäßige Veränderliche Neue Sterne und Planetarische Nebel Unterriesen und Riesen der Spektralklassen G-K Sterne m. schwachen Spektrallinien Alter: 1,5 bis $5,10^8$ Jahre	Kugelsternhaufen Weiße Zwerge Veränderliche des Typs RR Lyrae ($P > 0,4$ Tg.) Langperiodisch Veränderliche M 5e Unterzwerge, schnelle Sterne d. Spektralklassen F-M Alter $6 \cdot 10^8$ Jahre und mehr
Supergalaxis	Intergalaktische Materie	Lokales System von Galaxien	Galaxienstern Com

Die Metagalaxis

Ursprünglich war man der Ansicht, daß alle außerhalb unserer Galaxis liegenden Objekte als Metagalaxis aufzufassen seien. Erst in den sechziger Jahren unseres Jahrhunderts neigten die Astronomen mehr zu der Auffassung, daß auch die Supergalaxien ein System höherer Ordnung bilden — die Metagalaxis. Besonders seit dem Jahre 1963, als die Quasare (Quasi-Stellar Radio Sources) entdeckt wurden, deren Entfernungen in der Regel 10^9 pc (d. h. Gigaparsec — Gpc)* betragen, betrachtet man die Metagalaxis tatsächlich als ein selbständiges kosmisches System, das alle Galaxien enthält, die mit derartigen Mitteln zu beobachten sind. G. M. Idlis zeigt, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Metagalaxis bei 75 km/s Mpc^{-1} liegt.

Schluß

Sämtliche kosmischen Systeme enthalten außer diesen typischen Objekten, d. h. den Planeten, Kometen und Meteoriten im Sonnensystem, der Sterne und ihrer Systeme in den Galaxien und der galaktischen Systeme bei den Supergalaxien, auch gas- und staubartige Bestandteile, die man als interplanetare, interstellare und intergalaktische Materie bezeichnet.

In der Abb. 1 ist eine schematische Veranschaulichung des Sonnensystems, der Galaxis und der Metagalaxis in maßstäblicher, fortschreitender Verkleinerung dargestellt. Während in der Umgebung der Sonne die mittlere Entfernung zwischen den Sternen etwa 5 Lichtjahre beträgt, liegen die durchschnittlichen Entfernungen zwischen den Galaxien bei etwa 2 Mill. Lichtjahren. Eine typische Galaxis enthält ungefähr 10^{11} Sterne, eine Supergalaxis ungefähr 10^{22} Sterne.

Je höher die Ordnung des kosmischen Systems ist, desto geringer ist die Dichte der Materie in dem betreffenden Teil des Raumes. Die Masse des Sonnensystems ($\approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, d. i. praktisch die Masse der Sonne) ist in einer Kugel mit dem Durchmesser von 6 Mrd. km ($6 \cdot 10^{12} \text{ m}$, bis zur Plutobahn) enthalten, ihr Rauminhalt beträgt 10^{39} m^3 . Für die Dichte der Materie im Sonnensystem erhalten

*) Für das am weitesten entfernte Objekt hält man die Radioquelle 3 C-196, deren Entfernung nach Schätzung von J.S. Sklovskij 13 Milliarden Lichtjahren gleichkommt und deren absolute Helligkeit $\approx 27^M$ beträgt.

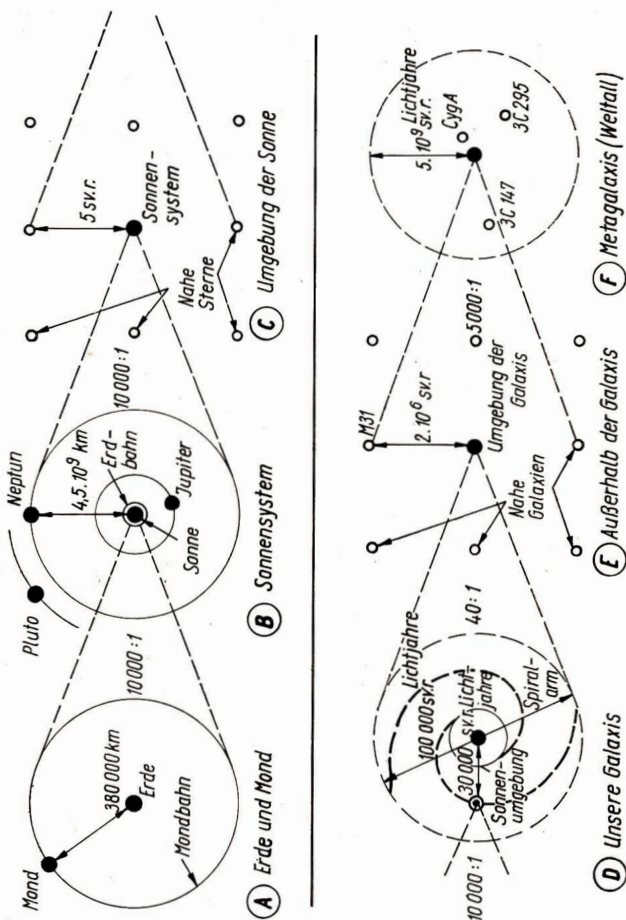


Abb. 1: Größenverhältnisse kosmischer Systeme (9).

wir $2 \cdot 10^{-9} \text{ kg/m}^{-3}$. Die Masse der Galaxis umfaßt $2 \cdot 10^{11}$ Sonnenmassen, d. s. $4 \cdot 10^{41} \text{ kg}$, der Radius beträgt $4 \cdot 10^{20} \text{ m}$; der Rauminhalt daher $2,7 \cdot 10^{62} \text{ m}^3$. Die durchschnittliche Dichte der Materie in der Galaxis ist folglich $1,5 \cdot 10^{21} \text{ kg/m}^{-3}$. Im intergalaktischen Raum entfällt durchschnittlich 1 Galaxis auf 200 Mill. Kubikparsec oder $6 \cdot 10^{66} \text{ m}^3$. Vorausgesetzt, daß die durchschnittliche Masse einer Galaxis der Masse unserer Galaxis entspricht, erhalten wir die durchschnittliche Dichte der Materie von $6,6 \cdot 10^{-26} \text{ kg/m}^{-3}$.

Diese Angaben sind aber nicht anschaulich genug, und deshalb wenden wir folgenden Vergleich an: Die Masse der Erde beträgt 6000 Mrd. Tonnen. Auf den gleichen Rauminhalt, den die Erde einnimmt, entfallen im Sonnensystem durchschnittlich 2 Mrd. Tonnen. In der Galaxis entfällt auf den Rauminhalt der Erde 1,5 kg und im intergalaktischen Raum nur 0,007 g an Materie.

Literatur:

- [1] Eljenson, M. S.: *Astronomičeskij žurnal*, 40 (1963), 140 *Viz též Široký, J.: Kosmické rozhledy* 1 (1963), 16. — [2] De Vaucouleurs, G.: *Vistas in Astronomy* II, 8, 1584—1606; *Nature* 182 (1958), 1478; *Astronomičeskij žurnal* 36 (1959), 977. — [3] Allen, C. W.: *Astronómičeskije veličiny*. Moskva 1960. — [4] Hoffmeister, C.: *Astr. Nachrichten* 271 (1950) 49. — [5] Vesečskij, S. K.: *Fizičeskije charakteristiky komet*. Moskva 1958. — [6] Oort, J. H.: *Empirical data on the origin of comets*. Moon, meteorites and comets Chicago — London, Univ. Chicago Press 1963. — [7] Mikša, A. M., Cicin, F. A.: *Astronomičeskij žurnal* 34 (1957), 700. — [8] Idlis, G. M.: *Astronomičeskij žurnal* 36 (1966) 162. — [9] Ziolkowski, K.: *Uranič* 37 (1966), 162.

Aus: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* (Fortschritte in Mathematik, Physik und Astronomie), Jahrg. XII, Nr. 5 Prag.

Betrachtungen zur Erderkundung aus dem kosmischen Raum

KARL-HEINZ NEUMANN

Eine der wesentlichsten Nutzanwendungen der Raumfahrt besteht in der Erderkundung. Dieses Prinzip beherrscht von Anfang an die sowjetische Raumfahrt.

Die ersten fotografischen Aufnahmen der Erdoberfläche fertigte der Kosmonaut German Titow Anfang August 1961 bei seiner 24stündigen Erdumrundung an. Bei allen folgenden sowjetischen Raumflugunternehmungen sind die Kosmonauten diesem Beispiel gefolgt. Bereits zielgerichtete Forschungen über den südlichen Gebieten des asiatischen Teils der Sowjetunion erfolgten bei dem Gruppenflug der Raumschiffe Sojus 6, 7 und 8. Schon zu dieser Zeit wurden experimentell gleichzeitige Erdaufnahmen aus der Umlaufbahn heraus in etwa 10 km Höhe mit speziell ausgestatteten Forschungsflugzeugen, sowie aus geringer Höhe — rd. 3 km — gleichzeitig gemacht. Diese Experimente waren vor allem dazu angetan, erste Erfahrungen über die Möglichkeiten der Auswertung von Satellitenfotos zu sammeln. Zum Einsatz kamen Multispektralkameras, die in ausgewählten Bereichen des sichtbaren und infraroten Gebietes Aufnahmen anfertigten. Das Auflösungsvermögen, also die Erkennbarkeit geographischer Details, lag bei den Sojus-Aufnahmen in der Größenordnung von 15 Metern. Bei den Aufnahmen der hochfliegenden Flugzeuge konnten Details bis zu 1 Meter Durchmesser unterschieden werden, und bei den niedrig fliegenden Flugzeugen Einzelheiten bis zu 0,5 Metern. Das mit einer Aufnahme jeweils erfaßte Areal bei den Raumschiffaufnahmen umfaßte etwa $150 \times 150 \text{ km}$, das bei den hochfliegenden Flugzeugen etwa $10 \times 10 \text{ km}$ und bei den niedrig fliegenden etwa $6 \times 6 \text{ km}$. Durch die Herstellung von den einzelnen Spektralbereichen zugeordneten farbigen Varianten erhielt man schon zu dieser Zeit Farbbilder, die ein hohes Unterscheidungsvermögen bezüglich der verschiedenartigsten Strukturen der Erdoberfläche hatten.

1. Anwendungsgebiete und Sensoren

Die möglichen Anwendungsgebiete der Fernerkundung durch Satelliten sind folgende: Archäologie — Geodäsie und Kartografie — Geografie — Geologie — Glaziologie — Hydrologie — Land- und Forstwirtschaft — Ökologie — Ozeanologie — Raumordnung — Umweltüberwachung. Für die einzelnen Forschungsgebiete, die sich noch aufgliedern, können aus dem kosmischen Raum sowohl durch bemannte als auch durch unbemannte Raumflugkörper folgende Sensoren eingesetzt werden:

Für archäologische Forschungsvorhaben lassen sich optische Kameras, Multispektralkameras, multispektrale TV-Kameras als auch multispektrale Scanneranlagen verwenden.

Bei der Geodäsie und Kartografie kann man unterscheiden zwischen der topographischen Kartierung, für die sich optische Kameras und multispektrale TV-Kameras eignen, und der Gravimetrie, für die optische Kameras, multispektrale TV-Kameras und auch Gravimeter eingesetzt werden können. Zur geometrischen Geodäsie können im wesentlichen optische Kameras Anwendung finden.

Auch das große Gebiet der Geografie untergliedert sich in viele Detailgebiete. Für die geographische Kartierung kommen vorwiegend optische Kameras und multispektrale TV-Kameras in Frage. Für die Geomorphologie eignen sich neben den eben genannten auch noch Multispektralkameras, multispektrale Scanneranlagen, Radar-Seitensichtanlagen, Mikrowellenscanner, Mikrowellenradiometer und Laser- bzw. Radarhöhenmeßapparaturen.

Für die Stadt- und Siedlungsgeografie sowie für Verkehrs- und Wirtschaftsgeografie kommen die vier oben erstgenannten Sensorsysteme in Frage. Bei der Boden- und Agrargeografie sind es neben den eben genannten noch die

Mikrowellenscannertechnik sowie Mikrowellenradiometer. Bei Untersuchungen der Klimatologie und Klimamorphologie kann man neben den genannten Methoden auch noch Radiometer und Spektrometer einsetzen. Zur geographischen Überwachung eignen sich die ersten sechs der beim vorigen Untergebiet genannten Sensortypen.

Ein besonders nutzeffektives Gebiet der Erderkundung ist die Geologie. Auch hier lassen sich verschiedene Untergruppen festlegen. Dazu gehören die geologische Kartierung, die Bodenforschung und Lagerstätten erkundung, die geologische Überwachung sowie Untersuchungen bezüglich geologischer Forschungsvorhaben. Bei all diesen Arbeiten aus dem kosmischen Raum lassen sich fast alle Sensortypen einsetzen. Das gilt besonders für die Lagerstätten erkundung, wo neben optischen Kameras, Multispektralkameras, multispektrale TV-Kameras, multispektrale Scanneranlagen, Seitensichttradaranlagen, Mikrowellen Scanner, Laser- und Radardrehmeßapparaturen, Radiometer und Spektrometer, Magnetometer und Gravimeter Verwendung finden können.

Eine ähnliche Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von Sensoren ergibt sich auf dem Gebiet der Glaziologie. Hier unterscheiden wir die glaziologische Kartierung, die polare Glaziologie und die alpine Glaziologie.

Zahlreiche Sensortypen lassen sich auch bei der hydrologischen Forschung einsetzen. Hier kann man unterscheiden zwischen der hydrologischen Kartierung, der Oberflächenhydrologie, der unterirdischen Hydrologie sowie der Wasserwirtschaft und dem Wasserbau. Speziell bei der Oberflächenhydrologie können auch die heute noch in Entwicklung befindlichen Laserbildreizeuger Verwendung finden.

In der Land- und Forstwirtschaft kann man folgende Anwendungsbereiche der Fernerkundung durch Raumflugkörper unterscheiden: die land- und forstwirtschaftliche Kartierung, die Agrarplanung, die landwirtschaftliche Überwachung und der Schutz bestimmter Kulturen, die forstwirtschaftliche Planung, die Überwachung und der Schutz forstwirtschaftlicher Gebiete, die Wildbewirtschaftung sowie Untersuchungen für bestimmte Forschungsvorhaben auf diesem Sektor.

Für ökologische Vorhaben eignen sich im wesentlichen nur Kamera-, TV- und Scanner-Systeme.

Für die Ozeanologie lassen sich folgende Forschungsgebiete unterscheiden: Ozeanologische Kartierung, physikalische Ozeanologie, physikalisch-chemische Ozeanologie, biologische und botanische Ozeanologie sowie die Küsten- und Seeschifffahrt. Bei den beiden vorletzten genannten Untergebieten lassen sich auch Laserbildreizeuger mit Erfolg einsetzen.

Das Gebiet der Raumordnung betrifft regionale Strukturplanung, Bebauungsplanung, Verkehrsplanung, sowie Planung der Ver- und Entsorgungsanlagen. Auch hier können Satelliten aufnahmen mit verschiedenen Sensoren wertvolle Grundlagenkenntnisse für die Planung schaffen.

Ein durchaus wesentliches Gebiet ist die hier zuletzt genannte Umweltüberwachung. Darunter verstehen wir Luftüberwachung, Gewässerüberwachung, Bodenüberwachung sowie Überwachung der Meeresverschmutzung. Auch hier können fast alle genannten Sensortypen zum Einsatz kommen.

2. Genauigkeit der Informationen

Zu weiteren wichtigen Anwendungsgebieten von Erdbeobachtungssatelliten gehören die weltweite Erfassung der natürlichen Rohstoffquellen, die periodische Überwachung hinsichtlich ihrer Veränderung, die ständige Überwachung des menschlichen Lebensraumes, um Fehlentwicklungen oder Schäden rechtzeitig zu erkennen, sowie die Komplettierung der topographischen Kartierung der Erdoberfläche, um genauere Informationen über die topographische Struktur der unerschlossenen Gebiete zu erhalten. Ausgehend von diesen Hauptaufgaben tritt natürlich die Frage auf, inwieweit heutzutage Satellitenbildinformatio-

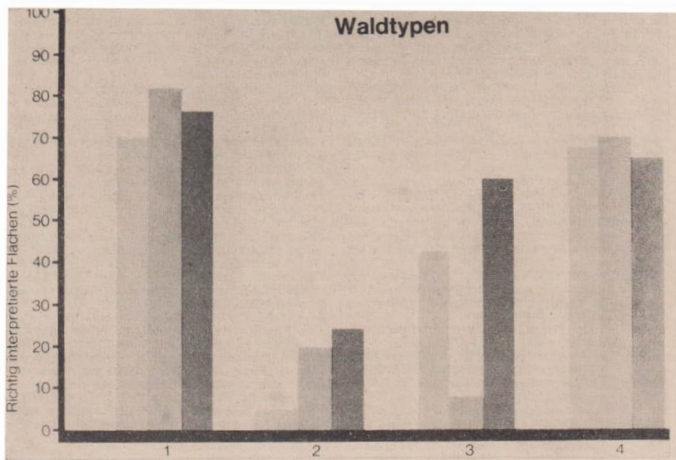
nen, die mit den verschiedensten oben genannten Sensoren erhalten werden, einen genügenden Grad an Genauigkeit liefern. Um zu zeigen, daß dies z. Z. noch keineswegs so weit ausgereift ist, daß ein absolut sicheres System existiert, sei auf die beiden Skizzen Nr. 1 u. 2 hingewiesen. Es sind dies statistisch erfaßte Werte über die Richtigkeit von Luftbildaufnahmen bezüglich der Erkennbarkeit sowohl verschiedener Waldtypen als auch der Landnutzung zu verschiedenen Jahreszeiten. Für die Zusammenstellung dieser statistischen Auswertung verwendete man Infrarotfarbaufnahmen in einem Maßstab von 1:420 000. Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl die Sensorentechnik als auch die Technik der Auswertung jetzt noch nicht so weit entwickelt ist, daß wir ständig mit Genauigkeiten bis nahe 100 Prozent rechnen können. Noch geringer ist naturgemäß der Prozentsatz der Detaillierbarkeit bei Satelliten aufnahmen.

Folgende Überlegungen über die Inventur von Rohstoffquellen und der Umwelt seien angeschlossen. Es ist grundsätzlich notwendig, beispielsweise quantitative Daten und Informationen über die Landnutzung und Landbedeckung zu erhalten. An erster Stelle stehen dabei die Hauptformen, worunter Wasserflächen und Wasserläufe, landwirtschaftliche Dauernutzflächen, Wald, Savannen, Steppen, Wüsten, Felsengebiete, Moore, bebaute Flächen und Verkehrsanlagen zu verstehen sind. Diese Hauptformen lassen sich mit hinreichender Genauigkeit aus Satelliteninformationen erkennen. Allein diese Tatsache reicht aber nicht aus, um Informationen zu erhalten, die dafür geeignet sind, wirksame, nutzbringende Veränderungen auszuführen. So kann man nicht sagen, daß Wald gleich Wald ist, und auch hinsichtlich bestimmter landwirtschaftlich nutzbringender Flächen gibt es bestimmte Unterschiede. Das trifft auch auf die Wasserflächen zu. Es ist zumindest notwendig, Angaben über den Gesundheitszustand und die Vitalität bestimmter Vegetationsgebiete zu erhalten, Schäden oder Krankheiten von Pflanzengruppen zu erkennen, den Verschmutzungsgrad – oder auch im Extremfall – den Vergiftungsgrad von Wasser, Land und Luft deutlich ausmachen zu können. Bodenschäden, die durch Erosion, Versalzung usw. entstehen, müssen deutlich erkennbar sein. Es geht weiterhin darum, sichere Abschätzungen über die zu erwartenden Ernten machen zu können, Holzvorräte auch hinsichtlich ihrer Qualität einschätzen zu können, Futtermengen für die tierische Produktion mit hoher Sicherheit voraus zu bestimmen sowie Wasservorräte und Wasserkraft mit relativ hoher Sicherheit angeben zu können.

Ein volkswirtschaftlich ebenso wesentliches Gebiet ist die Aufspürung von Lagerstätten verschiedenster Art. Ihre Feststellung erfordert sehr differenzierte Methoden der Erkundung. Im Prinzip werden jetzt zwei Methoden der geologischen Erkundung angewandt. Die eine besteht darin, aus der Untersuchung der aus Satelliten aufnahmen erkennbaren geologischen Strukturen Rückschlüsse auf das Vorkommen bestimmter Bodenschätze zu ziehen. Die zweite Methode erlaubt es, mit Hilfe von Multispektralaufnahmen Lagerstätten zu finden, die sich an der Oberfläche der Erde durch Vegetationsstrukturen oder auch chemische Zusammensetzung der Oberflächenstrukturen ausweisen. Obgleich es durch Erderkundungsexperimente der Sowjetunion mit Sojus-Raum Schiffen und Salut-Raumstationen bisher schon gelungen ist, eine ganze Reihe von Lagerstätten im südlichen Teil des asiatischen Teils der Sowjetunion aufzufinden (das betrifft sowohl Salzlagertstätten, Erdöl- und Erdgasvorkommen als auch andere Mineral-lagerstätten), ist sowohl die Sensoren- als auch die Auswertetechnik (das betrifft auch die amerikanischen Experimente) noch in ihrem Anfangsstadium.

3. Datenverarbeitung

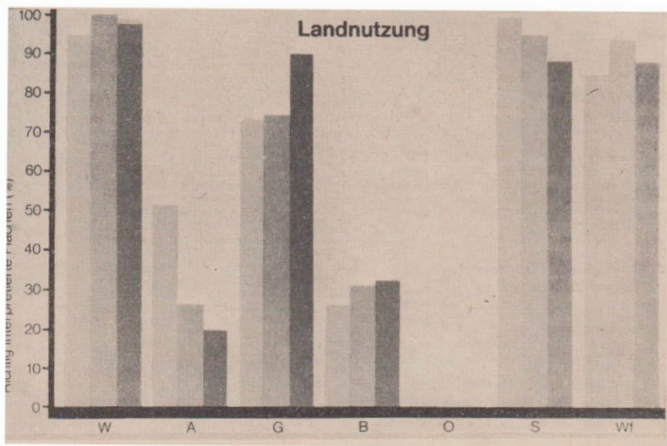
Ein weiteres Problem bei der Fernerkundung der Erde durch Raumflugkörper ist die Datenverarbeitung. Hauptsächlich werden zur Zeit Geräte eingesetzt, die von der Erde reflektierte Sonnenstrahlung sowie von ihr ausge-



Skizze 1: Helles Grau = Frühsommer; mittleres Grau = Spätsommer; dunkles Grau = Winter. 1 = Kiefernwald, 2 = Kiefern-Laubholz-Mischwald, 3 = Laubwald der Tiefebene, 4 = Gebirgslaubwald.

Skizze 2: W = Wald, A = Ackerland, G = Grünland, B = Brachflächen, O = Obstbau, S = Siedlungen, WF = Wasserflächen.

Die Grautöne beziehen sich wie in der Skizze 1 auf die Jahreszeiten.



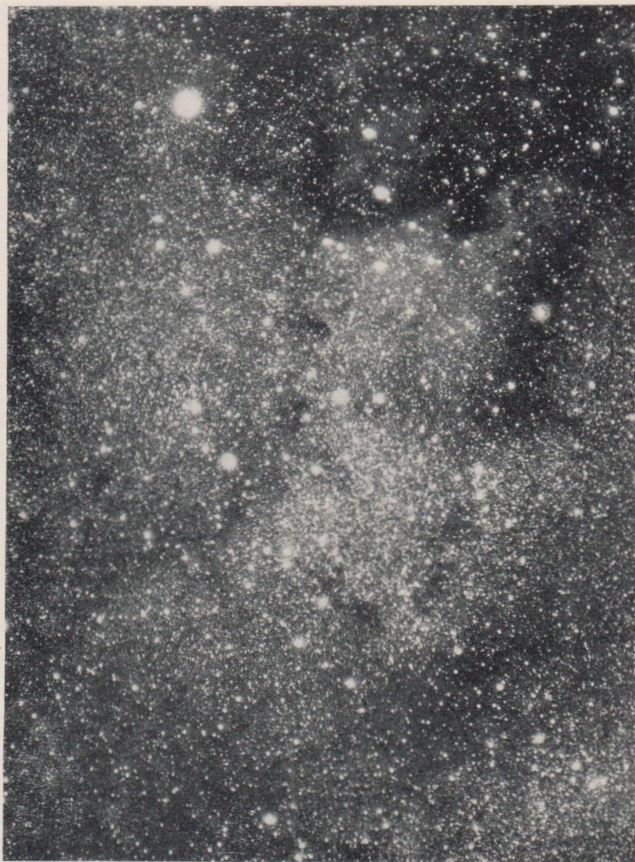


Abb. 2: Nebel im Schwan mit Nova Cyni 1975.

7. 9. 1975 — Objektiv: Sonnar 2,8/180; Praktika; 27 DIN; 120 min. belichtet; Entwicklung in A49 13 min. — Ib-Montierung.



Abb. 3: M 31 Andromedanebel.

Objektiv: Sonnar 2,8/180; Praktika; 27 DIN; 120 min. belichtet; Entwicklung in A 49 13 min. — Ib-Montierung.

Auf S. II/III: Zum Beitrag S. 84 „Sternaufnahmen“



Abb. 4: M 42 Orionnebel.

Objektiv: Telemegor 5,5/400; Praktika; 27 DIN; 30 min. belichtet; Entwicklung in A 49 13 min. — Ib-Montierung.

Abb. 5: M 51 Jagdhundenebel.

Objektiv: Telemegor 5,5/400; Praktika; 27 DIN; 120 min. belichtet; Entwicklung in A 49 13 min. — Ib-Montierung.





Abb. 1: Hantelnebel mit Meteorspur. 1975 Juni 5; $23^{\text{h}}25^{\text{m}}10^{\text{s}}$ bis $23^{\text{h}}55^{\text{m}}10^{\text{s}}$ MEZ; Objektiv 1:5,6; $f = 1000$ mm; Film NP 27; Gesichtsfeld $2,5^\circ$; Foto: Volkssternwarte Dreieck.
Das Bild zeigt, daß es heute fast unmöglich ist, ein bestimmtes Himmelsareal zu fotografieren, ohne gleichzeitig auch Satellitendurchgänge mit zu erfassen.

Abb. 1:
Der Norden der DDR
mit der Insel Rügen.

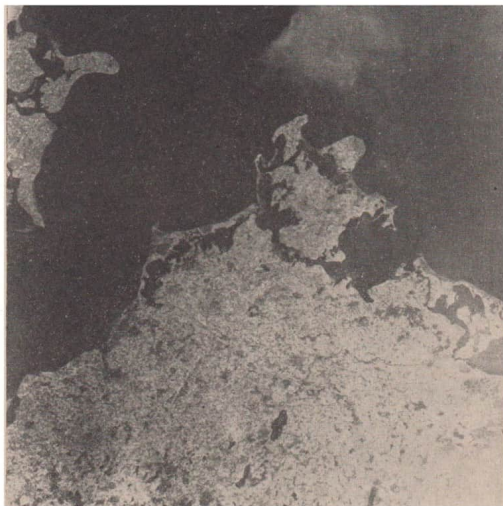


Abb. 2:
Raum Dresden
(rechts) — Leipzig
mit der Elbe, die das
Bild etwa diagonal
durchquert.





Abb. 3:
Aufnahme des
Harzes durch Land-
sat 1. Aus der Größe
der Felder ist deut-
lich der Verlauf der
westlichen Staats-
grenze der DDR zu
erkennen.



Abb. 4:
Landsat 1 — Auf-
nahme des Raumes
Halle-Leipzig. Eine
Rauchfahne zeigt
den Industriekomplex
Leuna.

sandte eigene Wärmestrahlung bzw. Strahlung im Mikrowellenbereich aufzeichnen. Dabei wird bildzeugenden Sensoren sowie Scanner-Systemen der Vorzug gegeben. Seitensichtanlagen und auch Laserbildzeuger, die weitgehend von dem Wolkenbedeckungsgrad der Erdoberfläche unabhängig sind, finden im wesentlichen bisher nur bei militärisch genutzten unbemannten Raumflugkörpern Anwendung. Für die Datenverarbeitung wäre es wesentlich, sowohl bei unbemannten als auch bei bemannten Satelliten einen Teil der Auswertung bereits an Bord des Raumflugkörpers auszuführen. Damit ließe sich die Anzahl der übermittelten Daten, der nachträglich von Bodenstationen zu verarbeitenden Informationen wesentlich reduzieren. Besonders günstig wären bemannte Stationen, da hier Fachleute bereits eine Vorauswahl der gewonnenen Daten vornehmen könnten. Neben der Auswahl der zu verteilenden Daten könnte bereits dann an Bord eine Vorauswertung vorgenommen werden und damit in kürzester Zeit eine erste Informationsübermittlung erfolgen. Fachleute an Bord von Raumstationen könnten weiterhin nach einer ersten Vorauswertung gezielt bestimmte Instrumente oder Instrumentengruppen einsetzen, um auf diesem Wege höchste Effektivität zu erreichen.

Bei unbemannten Erkundungen ist der Weg von der Erfassung des Meßobjektes bis zu dem Erhalt der für die Wissenschaftler notwendigen Informationen länger. Der Sensor des Satelliten nimmt die Meßwerte auf, überträgt sie — möglicherweise nach Speicherung — zu der entsprechenden Bodenstation, wo die Aufzeichnung auf Film- bzw. Magnettonband erfolgt. Notwendig ist es, aufgetretene geometrische Verzerrungen zu entfernen und eine rationelle Methode der Wiedergabe einzusetzen. Hierfür eignen sich Digitalrechner, die in relativ kurzer Zeit eine große Datenmenge verarbeiten können.

Nehmen wir an, daß das pro Bild aufzunehmende Gebiet eine Fläche von 160×160 km hat, das Auflösungsvermögen am Boden etwa 40 Meter betragen soll, ein Sensorenpaket von elektronischen Kameras, multispektralen Scannern, Mikrowellenradiometern, Mikrowellenscannern sowie Mikrowellenspektrometern eingesetzt werden, so ergibt sich nach groben Abschätzungen eine Datenrate von etwa 90 Megabit pro Sekunde. Eine derartige Datenfülle liegt an der Grenze der Leistungsfähigkeit der modernsten Datenverarbeitungsanlagen für direkte Auswertung. Wollte man beispielsweise Europa im Bereich zwischen 30 und 70 Grad geographischer Breite und 20 Grad westlicher und 30 Grad östlicher Länge mit bildzeugenden Sensoren erfassen, so ergeben sich bei 1000 Bildern in jedem Spektralbereich 4000×4000 Bildpunkte, was 16 000 000 Bildpunkten entspricht; dabei werden 128 Graustufenwerte pro Bild angenommen. Das sind Voraussetzungen für eine effektive Ausnutzung der Erkundung durch Satelliten. Man kann sich errechnen, daß sich daraus 112×10^9 bit pro Spektralbereich für eine einmalige Überdeckung dieses Raumes ergibt. Unter Berücksichtigung der relativ starken Wolkenbedeckung des mitteleuropäischen Raumes würden dabei minimal 60 Tage notwendig sein. Für eine kontinuierliche Verarbeitung würden dann einem Computer etwa 170 Sekunden pro Bild zur Verfügung stehen. Bedacht werden muß aber auch, daß die Ein- und Ausgabzeiten der Bilddaten bedeutend längere Zeitabschnitte erfordern. Das sind Abschätzungen von Wissenschaftlern, die sich mit der Problematik der Datenverarbeitung beschäftigen.

Die Verarbeitung der aus dem Kosmos gewonnenen Informationen über bestimmte Verhältnisse der Erdoberfläche, also die eigentliche Auswertung, ist ein weiteres wesentliches Problem. Ein Weg besteht darin, alle im Bild vorhandenen Informationen zu verarbeiten bzw. sogar noch Bildverbesserungen vorzunehmen. Man spricht hier von linearer Verarbeitung. Das entgegengesetzte Extrem, die sogenannte nichtlineare Verarbeitung, besteht darin, den Bildinhalt auf wenige Ja/Nein-Aussagen zu reduzieren. Man nennt das auch die sogenannte Klassifizierungsmethode. Zwischen diesen beiden Extremfällen gibt es noch andere Methoden, bei denen überreichlich vorhandene Daten entfernt werden. Man spricht hier von Datenkompression.

Bei der linearen Verarbeitung geht es vor allem darum, Bildinhalte, die im Normalbild für das menschliche Auge schwer zu erkennen sind, deutlich herauszuarbeiten, d. h. eine Bildverbesserung auszuführen. Ohne auf alles einzugehen, was mit der Computerbearbeitung von Satellitenbildern in Zusammenhang steht, seien nur zwei interessante Methoden erwähnt. Mit Hilfe der Äquidensitometrie ist es möglich, bestimmte Graustufenstufen eines Bildes besonders stark herauszuheben. Aus der Astronomie ist diese Methode bereits seit längerem bekannt. Daneben kann man aber auch eine sogenannte mathematische Äquidensitometrie anwenden. Dabei wird beispielsweise das Satellitenbild in eine bestimmte Anzahl von Graustufen zerlegt und ein Computer druckt jede dieser Graustufen mit einem bestimmten Zeichen aus. Auf diese Weise lassen sich gezielt bestimmte Informationen, die im Bild nur schwache Graustufenstufen haben, herausfiltern. Das kann den Pflanzenwuchs betreffen oder auch Gesteinsarten.

4. Für Erderkundung eingesetzte Raumflugkörper

Als erste zu nennen wären meteorologische Beobachtungssatelliten. Augenblicklich arbeiten die amerikanischen Satelliten ESSA 8 (Bildqualität ist nicht mehr sehr hoch), NOA 3 sowie NOA 4. Ferner befinden sich die Satelliten SMS 1 und 2 in einer Synchronbahn und senden ebenfalls Bilder zur Erde.

Von der Sowjetunion sind es die Satelliten der Serie Meteor, die zum Teil sehr hochauflösende Bilder zur Erde übersenden. Bei Meteor 18 und Meteor 19 wurde auch experimentell die Methode der automatischen Bildübertragung für eine gewisse Zeit angewandt. Diese Wetterbeobachtungssatelliten liefern im wesentlichen sowohl Bilder im sichtbaren Bereich des Spektrums, als auch Infrarotbilder der Erdoberfläche. Schon erwähnt sind die bemannten sowjetischen Unternehmen.

Die USA haben inzwischen spezielle Erderkundungssatelliten eingesetzt. Sie tragen die Bezeichnung ERTS (Earth Resources Technology Satellite) und sind jetzt in Landsat umbenannt worden. Der erste dieser Satelliten umkreist die Erde seit dem Sommer 1972, der zweite wurde am 22. 1. 75 gestartet. Bei Landsat 1 waren die drei Vidicon-Kameras, die im sichtbaren Bereich des Spektrums arbeiten sollten, kurz nach dem Start ausgefallen. Bilder erhielt man über einen multispektralen Scanner, der in vier Kanälen im sichtbaren und infraroten Bereich arbeitete. Auch beim Unternehmen Skylab wurden eine Vielzahl von Erderkundungsaufnahmen gemacht.

Literatur:

Weltraumbild — die dritte Entdeckung der Erde von J. Bodechtel/H.-G. Gierloff-Emden, List-Verlag 1974. — Deutschland aus dem ALL von Holger Heuseler, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart, 1973. — Kalender von Zeiss-Oberkochen für die Jahre 1971 und 1973.

Amateure beobachten und berichten

Sternaufnahmen mit der Ib-Montierung

Viele Sternfreunde und Schulsternwarten unserer Republik sind im Besitz der parallaktischen Fernrohrmontierung Ib des VEB Carl Zeiss Jena. Diese Montierung entspricht bei visueller Beobachtung mit den vorgesehenen Fernrohren weitgehend den Anforderungen. Dies trifft auch noch für die Fotografie der Sonne, des Mondes und der hellen Planeten zu.

Bei Langzeitbelichtungen von Stern- und Nebelaufnahmen traten aber häufig Schwierigkeiten auf, die sich in der unrunder Abbildung der Sterne auf dem Bildträger zeigten. Stundenlange Belichtungen waren unmöglich. Die Ursache dafür lag im wesentlichen in der Unterbrechung des Kraftschlusses im Getriebe nach durchgeführten Korrekturen in Stunde. Dadurch trat ein mehrere Sekunden anhaltender Nachlauf auf, der zu strichförmiger Abbildung der Sterne führte.

Die Ursachen für die durchzuführenden Korrekturen sind nach meiner Erfahrung:

1. Ungenügende Justierung der Montierung nach Scheiner
2. Überlastung durch Beobachtungsinstrumente
3. Unzureichende Balancierung des Instruments
4. Frequenzschwankungen des Wechselstroms
5. Fertigungstoleranzen
6. Temperatureinwirkungen

Die Beseitigung der Fehlerquellen 1.—3. ist bei entsprechender Sachkenntnis leicht und wurde wohl auch in den meisten Fällen durchgeführt. Die Behebung der Fehlerquellen 4. und 5. scheidet aus, wenn man die durchgeführte Vergrößerung des Handrädchens für die Stundenfeinbewegung auf 70 mm nicht zur Behebung einer Fertigungstoleranz rechnet. Eine gefühlvollere Einstellung ist damit möglich. Zum Punkt 6. machen sich einige Ausführungen erforderlich. Nach meiner Erfahrung wurde dieser Fehlerquelle zu wenig Beachtung geschenkt.

Durch die Einwirkung niedriger Temperaturen verliert das Getriebefett so sehr an Geschmeidigkeit, daß es zu erheblich anwachsenden Reibungsverlusten kommt. Die Belastung des Motors kann so hoch werden, daß dieser stehen bleibt. Diese Tatsache wird verständlich, wenn man die Reibungsverluste bei dem enormen Übersetzungsverhältnis von 4320 000 : 1 der geringen Motorleistung von 4,5 W gegenüberstellt. Zum Antrieb der Stundenachse bleibt bei dieser zusätzlichen Belastung nicht mehr viel übrig. Die Verwendung eines weicheeren Schmierfetts scheidet wegen des niedrigen Fließpunktes und dem damit verbundenen Auslaufen des Getriebefetts bei Sonneneinwirkung aus.

Diese Fehlerquelle läßt sich durch den Einbau einer kleinen elektrischen Heizung in Form eines Widerstandes beseitigen. Der Widerstand wird an geeigneter Stelle in Getriebehöhe innerhalb der Polkopfverkleidung angebracht. Die Wärmemenge ist hinreichend, um einen gleichmäßigen Lauf des Antriebs auch bei niedrigen Temperaturen zu gewährleisten.

Der als Folge aller genannten Fehlerquellen auftretende Nachlauf läßt sich durch ein geringes Übergewicht der östlich liegenden Seite der Deklinationsachse und durch sofortiges gefühlvolles Zurückdrehen des Handrädchens nach Korrekturen — Stundenachse voraus — bis zum erneuten Kraftschluß weitgehend vermindern.

Bei Aufnahmen wurden Belichtungszeiten bis 120 min. durchgeführt, wobei Teleobjektive von 180 und 400 mm Brennweite als Aufnahmeoptik benutzt wurden.

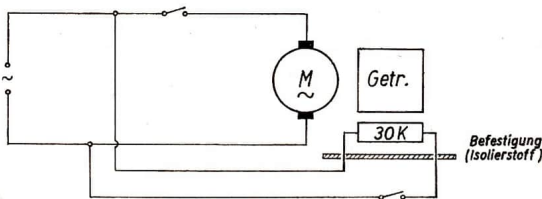


Abb. 1:
Schaltbild

Feinkorrekturen erfolgten im Mittel nach 100—120 s. Als Leitrohr diente das 80/840 ohne Feldbeleuchtung. Mit den genannten, von jedem mit geringem Aufwand zu erzielenden Verbesserungen ist die Ib-Montierung auch für Langzeitbelichtungen ein brauchbares Gerät.

W. ROLOFF

Auswertung der Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie 1975

RUDOLF BRANZK

Der Beobachtungsort war Mittweida, eine kleine Stadt nördlich von Karl-Marx-Stadt. Das Beobachtungsziel war die Bestimmung der scheinbaren Venusdichotomie. Als Beobachtungsinstrument wurde ein selbstgebauter Refraktor 63/840 mit orthoskopischem Okular $f = 6$ mm ($V = 140 \times$) bzw. (bei ungünstigen Sichtverhältnissen) mit Okular $f = 12$ mm ($V = 70 \times$) benutzt.

Die Sichtbarkeitsverhältnisse der Venus während der Beobachtungsperiode Frühjahr 1975 waren sehr günstig. Die Deklination der Venus im gesamten Beobachtungszeitraum (22. 3. 75 bis 15. 7. 75) war fast immer größer als $+10^\circ$.

Ich versuchte, die Beobachtungen bei annähernd gleicher Sonnendepression durchzuführen, jedoch konnte dies nicht immer eingehalten werden. Für die Bestimmung der Phase wendete ich die zeichnerische Methode an. Die Lichtgrenze trug ich in bereits vorgezeichnete Kreise ein. An jedem Beobachtungsabend wurden 4 Zeichnungen angefertigt. Zur Auswertung der Beobachtungen wurde mit Hilfe eines Lineals der Abstand Terminator-Venusmittelpunkt auf den Zeichnungen gemessen (Zehntelmillimeter geschätzt) und mit q bezeichnet. Das Mittel der vier q -Werte jedes Beobachtungsabends ist $\bar{q}$. Nach [1] läßt sich der Phasenwinkel i_B mit den Beziehungen

$$\sin i = \bar{q}/r \quad (1)$$

und

$$i_B = 90^\circ - i \text{ für erhabene Venus} \quad (2)$$

$$i_B = 90^\circ + i \text{ für sichelförmige Venus} \quad (3)$$

berechnen.

Mit Hilfe des i_B - t -Diagramms (Abb. 1) bestimmte ich die scheinbare Dichotomie zeichnerisch.

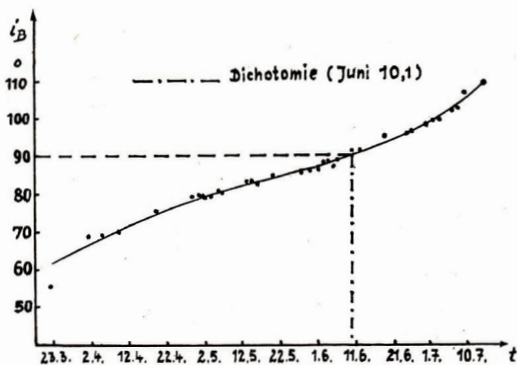
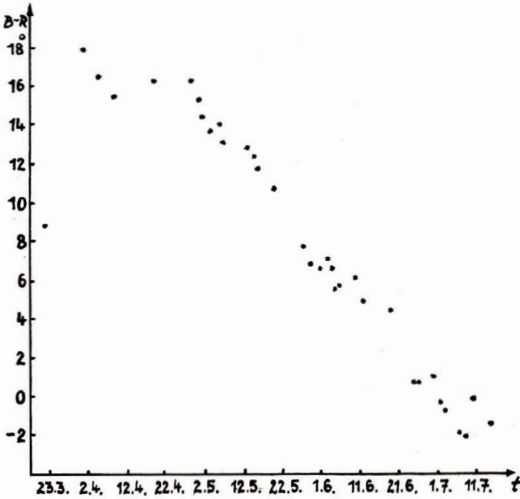


Abb. 1:
 i_B - t -Diagramm.

Abb. 2:
(B-R)-t-Diagramm



Zur rechnerischen Ermittlung der scheinbaren Dichotomie mit Hilfe

$$\Delta t = \frac{\Sigma (B-R)}{\Delta i_r \cdot n} \quad (4)$$

wobei Δi_r die mittlere tägliche Änderung von i_r um die wahre Venusdichotomie herum darstellt und

$$i_b = i_r + \Delta t \quad (5)$$

wurden die i_B -Werte benutzt, für die gilt: $80^\circ \leq i_B \leq 100^\circ$.

Für die Zeit vom 22. 3.—7. 5. mußten erst die Phasenwinkel i_r für die Beobachtungstage bestimmt werden, da sie im Kalender für Sternfreunde erst für die Zeit ab 12. 5. gegeben sind.

Die Berechnung erfolgte mit dem Cosinussatz:

$$\cos i_r = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \quad (6)$$

wobei a der Abstand Venus-Sonne, b der Abstand Venus-Erde und c die Distanz Erde-Sonne sind.

Die Beobachtungsergebnisse sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

	geometr. Dichot.	beobachtete Dichot.	Schröter-Effekt
graphisch	Juni 18,7	Juni 10,1	—8 $\pm$ 6
berechnet	Juni 18,7	Juni 8,6	—10 $\pm$ 1

Der mittlere Fehler aller Beobachtungen beträgt $\pm 0,79$. Ohne die Schätzung vom 22. 3. erhält man einen mittleren Fehler von $\pm 0,58$.

Zur Bestimmung der Streuung der Beobachtungspunkte wurden nach [2] die Formeln

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta i_B^2}{n-1}} \quad (7)$$

bzw.

$$\sigma_2 = \eta \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

$$\eta = \frac{\sum A i_B}{n(n-1)}$$

benutzt (wenn zwischen σ_1 und σ_2 größere Differenzen auftreten, gilt σ_2).

Für σ_1 und σ_2 erhielt ich folgende Werte: $\sigma_1 = 1^{\circ}57$ $\sigma_2 = 1^{\circ}00$.

Ohne die Schätzung vom 22. 3. erhielt ich die Werte $\sigma_1 = 0^{\circ}78$ $\sigma_2 = 0^{\circ}71$.

Also gelten die Werte $\sigma_2 = 1^{\circ}00$ bzw. $\sigma_1 = 0^{\circ}78$.

Sämtliche Beobachtungsergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Abb. 2. zeigt das (B-R)-t-Diagramm.

Tabelle 1

Datum	MEZ	i_B	i_r	B-R	Datum	MEZ	i_B	i_r	B-R
3=22d	19h30m	55:6	46:8	8:8	6= 1d	20h40m	86:6	80:0	6:6
4= 1d	19h05m	68:8	50:9	17:9	3d	20h45m	88:2	81:1	7:1
5d	19h25m	69:1	52:6	16:5	4d	20h45m	88:3	81:7	6:6
9d	19h55m	69:8	54:3	15:5	5d	20h40m	87:8	82:3	5:5
19d	20h10m	75:0	58:7	16:3	6d	21h00m	88:6	82:9	5:7
29d	19h50m	79:6	63:3	16:3	10d	20h55m	91:3	85:2	6:1
5m 1d	19h45m	79:6	64:2	15:4	12d	20h55m	91:3	86:4	4:9
2d	20h15m	79:1	64:7	14:4	19d	20h35m	95:2	90:7	4:5
4d	20h15m	79:4	65:7	13:7	25d	20h25m	95:6	94:9	0:7
6d	20h15m	80:6	66:6	14:0	26d	20h40m	96:3	95:6	0:7
7d	20h10m	80:2	67:1	13:1	30d	20h00m	98:0	97:0	1:0
13d	19h40m	82:8	70:0	12:8	7m 2d	20h30m	99:6	100:0	-0:4
15d	21h00m	83:4	71:0	12:4	3d	20h10m	100:0	100:7	-0:7
16d	20h30m	83:3	71:5	11:8	7d	20h15m	102:0	103:9	-1:3
20d	20h40m	84:3	73:6	10:7	8d	20h15m	102:6	104:7	-2:1
28d	19h55m	85:5	77:8	7:7	10d	20h05m	104:4	106:5	-0:1
30d	20h40m	86:7	79:9	6:8	15d	20h00m	109:5	110:9	-1:4

Literatur:

- [1] G. Saupé, J. Mosch, „Auswertung der Venusbeobachtungen 1972“ in „Astronomie und Raumfahrt“ 5/1973, S. 142ff.
- [2] E. Zachau, „Zur Beobachtung der scheinbaren Venusdichotomie und deren Auswertung“ in „Astronomie und Raumfahrt“ 3/1971, S. 73ff.
- [3] H.-J. Blasberg, „Die Beobachtung der visuellen Venusdichotomie“ in „Astronomie und Raumfahrt“ 2/1972, S. 48ff.
- [4] Dr. P. Ahnert, „Kalender für Sternfreunde 1975“ S. 87–89, Geozentrische Koordinaten der Venus, Aufsuchungs-ephemeride für Tagesbeobachtungen der Venus.
- [5] 4-stellige Logarithmentafel.

Mondfinsternis vom 18./19. 11. 1975

In der Nacht vom 18. zum 19. 11. 1975 ereignete sich eine totale Mondfinsternis, die auf Grund der äußerst günstigen Stellung des Mondes (er befand sich in der Nähe des aufsteigenden Knotens, wenig südlich der Ekliptik im Sternbild Taurus) ein vielversprechendes Ereignis zu werden versprach.

Ungünstige Witterung verhinderte die Beobachtung des gesamten Verlaufs der Finsternis, so daß nur in der zweiten Hälfte beobachtet wurde. Nachdem um 22.44 Uhr für eine Sekunde die Südhalbkugel, die einen großen Schatten zeigte, sichtbar wurde, klarte der Himmel um 23.40 Uhr MEZ plötzlich auf und das Naturschauspiel konnte bis zum nächsten Tag, dem 19. 11. 75, 0.36 Uhr MEZ bei ausgezeichneter Sicht verfolgt werden.

Beobachtungsort: Udars, Westrügen, Feldstecher 10×40 (Hitschke).

- | | |
|--------------------------|---|
| 1975 11 18 23.39 Uhr MEZ | Mond noch völlig verfinstert, schwach leuchtend, zarte Farbtöne zeigend, dunkelrotrot, rotorange, grau, bleigrau, Einzelheiten der Mondoberfläche hoben sich als dunklere Schatten deutlich ab. |
| 1975 11 18 23.45 Uhr MEZ | Heller Streif am Südsüdostrand, Farben noch wenig verändert, am unteren bleigrauen Rand zeigte sich eine leichte Grünfärbung. |
| 1975 11 18 23.55 Uhr MEZ | Grauzonen wurden im Verhältnis zu den anderen Farbzonen, die sich nach Nordnordwest verschoben, breiter und mehr gelblich. |

1975 11 18 24.00 Uhr MEZ	Halbschatten deutlich Südost, Farben wenig verändert.
1975 11 19 0.05 Uhr MEZ	Farben wenig heller, vier Hauptzonen, rostrot, gelbrot, grau, gelbgrau mit grünem Saum.
1975 11 19 0.15 Uhr MEZ	Farben heller.
1975 11 19 0.25 Uhr MEZ	gleißend heller, ganz schmaler Rand, Südost.
1975 11 19 0.30 Uhr MEZ	Farben in schmalen Zonen im Nordwestdrittel in unveränderter Reihenfolge zusammenge- drängt.
1975 11 19 0.35 Uhr MEZ	Grauzonen deutlich grünlich verfärbt.

Für den Beobachtungsort bewölkte sich der Himmel um 0.36 Uhr MEZ. Bei der Beobachtung konzentrierte ich mich besonders auf die Färbung des Mondes.

E. PFITZNER

Sonnenbeobachtung mit Polarisationsfilter

Da zur Zeit noch geeignete Filter zur Sonnenbeobachtung mit dem Schulfernrohr „Telemontor“ fehlen, benutzte ich zur Abschirmung des Sonnenlichtes zwei Polarisationsfilter, um die Sonnenfinsternis am 11. Mai 1975 mit dem Fernrohr beobachten zu können. Die Polarisationsfilter entnahm ich dem Schülerexperimentiergerät Optik (3. Teil, Zusatzgerät – Wellenoptik; zu beziehen durch SKUS Leipzig). Je ein Filter befestigte ich an einer Hülse aus schwarzem Karton. Die innere Hülse ist so bemessen, daß sie straff über das Objektiv des Telemontor gehoben werden kann. Die äußere Hülse hat einen etwas größeren Durchmesser und kann über der inneren Hülse gedreht werden (s. Abb.).

Durch Drehung der äußeren Hülse mit dem zweiten Polarisationsfilter kann das Sonnenlicht beliebig stark abgeschirmt werden. Diese einfache Vorrichtung eignet sich bei Verwendung einer Kamera am Schulfernrohr.

Allerdings muß man bei dieser Anordnung darauf achten, daß die Arbeitsschutzbedingungen unbedingt beachtet werden. Nach jeder Neueinstellung des Filterpaares sollte es entweder mit einer Schelle oder durch einen Gummiring am Tubus gegen Verrutschen arretiert werden. Während der Beobachtungen ist darauf zu achten, daß Unbefugte jede Veränderung am Instrument unterlassen. Visuelle Beobachtungen mit der Vorrichtung sollten aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen unterlassen werden.

HARALD ZIEGNER

Erläuterung zu den Abbildungen rechts

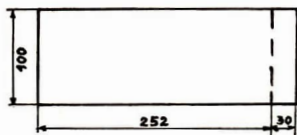
Abb. 1	innere Hülse (alle Maße in mm)
Abb. 1a	äußere Hülse
Abb. 2, 2a	Filterblenden außen für 1 und 1a
Abb. 3, (3a)	Filterblenden innen
Abb. 4	Haltestreifen über Klebezacken der äußeren Hülse

Zusammenbau

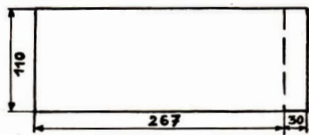
1. Teil 1 zusammenkleben
2. Filter mit Teil 3 auf Teil 2 befestigen
3. Teil 2 auf Teil 1 befestigen
4. gleiche Arbeiten mit den Teilen 1a, 2a, 3a
5. Streifen 4 über Klebezacken 2a kleben

Achtung! Filter an äußerer Hülse innen und an innerer Hülse außen befestigen.

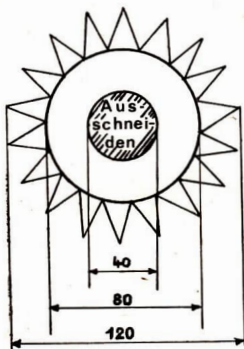
①



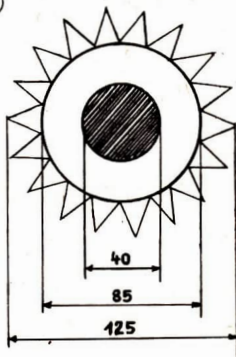
①a



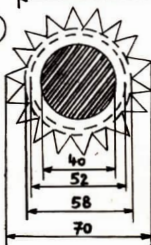
②



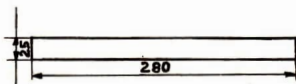
②a



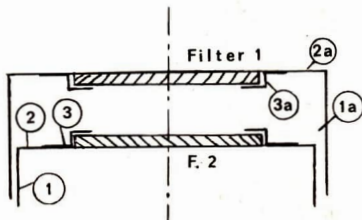
③



④



③a Maße wie ②a



Koordinatenbestimmung durch Anschließen an Katalogsterne

FRIEDEMANN BERTH

1. Zweck der Methode

Manchmal ist man gezwungen, die Äquatorialkoordinaten eines Objektes zu ermitteln, das man zufällig oder durch planmäßiges Suchen auf einer Himmelsaufnahme entdeckte. Ganz gleich, ob es sich dabei um einen kleinen Planeten, einen Kometen, einen neuen Veränderlichen oder irgend ein anderes Objekt handelt, eine Position hat man erst, wenn außer der Aufnahmezeit auch die Koordinaten α und δ des Objektes, möglichst genau, bekannt sind. Die Genauigkeit einer solchen Positionsbestimmung ist von mehreren Faktoren abhängig. Da spielt zunächst die Brennweite der Aufnahmekamera eine entscheidende Rolle. Prinzipiell kann man sagen, daß die Position um so genauer bestimmbar wird, je größer die Brennweite der Aufnahmekamera ist. Der zweite entscheidende Faktor ist das Meßgerät. Es gibt teure Komeßgeräte, die außerordentlich genaue Positionen liefern, aber auch mit einem einfachen Meßmikroskop kann man durchaus genaue Werte erzielen, wie im folgenden noch gezeigt werden soll. Schließlich kommt es auf die Genauigkeit der Anschlußsterne im Sternkatalog an. Dieser Beitrag soll zeigen, wie man auf relativ einfache Weise Ergebnisse mit beträchtlicher Genauigkeit erreichen kann.

2. Prinzip der Koordinatenermittlung

Will man die Koordinaten eines Objektes bestimmen, so sucht man in seiner Nähe, möglichst in etwa gleichem Abstand, zwei Sterne, deren Koordinaten man einem Sternkatalog entnehmen kann. Nach Möglichkeit soll das Objekt mit den beiden Katalogsternen ein spitzwinkliges Dreieck bilden. Dabei gilt, je näher die Anschlußsterne am Objekt liegen, desto geringer ist die Verzeichnung, die durch eine ebene Platte zustande kommt. Abb. 1 stellt einen Ausschnitt aus einer Himmelsaufnahme dar. A und B sind die beiden Katalogsterne, deren Koordinaten α und δ einem Sternkatalog entnommen werden. O ist das Objekt, dessen Koordinaten bestimmt werden sollen. Auf der Fotoplatte messen wir mit dem Meßmikroskop die Strecken a , b , und d aus. Jede Strecke wird zehnmal gemessen und das Mittel gebildet. Die Strecken a , b , und d auf der Fotoplatte sind eigentlich Kreisbogenteile, die auf die ebene Platte projiziert wurden. Durch die sphärische Trigonometrie sind wir in der Lage, die Entfernung $\widehat{AB} = \widehat{d}$ im Gradmaß zu berechnen und können damit auch a und b ins Gradmaß umrechnen. Abb. 2 zeigt die Verhältnisse an der Himmelskugel. N ist der Himmelsnordpol. Alle anderen sphärischen Strecken und Winkel sind aus Abb. 2 ersichtlich.

3. Mathematische Behandlung des Problems

Die Berechnung der Koordinaten des Objektes O (α_O ; δ_O) kann wie folgt durchgeführt werden:

3.1. Berechnung der sphärischen Distanz der Anschlußsterne A und $B = \widehat{d}$ mit dem sphärischen Seitenkosinussatz:

$$(I) \quad \cos \widehat{d} = \sin \delta_A \cdot \sin \delta_B + \cos \delta_A \cdot \cos \delta_B \cdot \cos (\alpha_A - \alpha_B) \quad (1)$$

3.2. Berechnung der sphärischen Strecken $\widehat{a}$ und $\widehat{b}$ aus den auf der Platte vermessenen Strecken a und b durch Proportionen:

$$(IIa) \quad \widehat{a} = \frac{\widehat{d} \cdot a}{d}; \quad \widehat{b} = \frac{\widehat{d} \cdot b}{d}$$

(IIb)

3.3. Berechnung der Winkel β und γ mit dem Seitenkosinussatz:

$$(IIIa) \quad \cos \beta = \frac{\cos \widehat{b} - \cos \widehat{a} \cdot \cos \widehat{d}}{\sin \widehat{a} \cdot \sin \widehat{d}}; \quad \cos \gamma = \frac{\cos \widehat{a} - \cos \widehat{b} \cdot \cos \widehat{d}}{\sin \widehat{b} \cdot \sin \widehat{d}}$$

(IIIb)

3.4. Berechnung der Winkel ε und η mit dem sphärischen Sinussatz:

$$(IVa) \quad \sin \varepsilon = \frac{\cos \delta_B \cdot \sin (\alpha_A - \alpha_B)}{\sin \widehat{d}}; \quad \sin \eta = \frac{\cos \delta_A \cdot \sin (\alpha_A - \alpha_B)}{\sin \widehat{d}} \quad (2)$$

(IVb)

(1) Man vergesse nicht ($\alpha_A - \alpha_B$) ins Gradmaß umzurechnen!

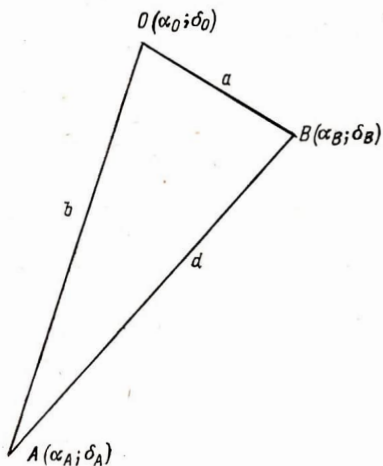


Abb. 1

Abb. 1 stellt einen Ausschnitt aus einer Himmelsaufnahme dar. A und B sind die beiden Katalogsterne, O ist das Objekt, dessen Koordinaten bestimmt werden sollen.

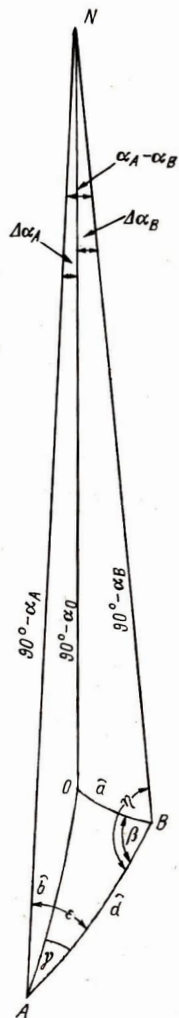


Abb. 2 zeigt die Verhältnisse an der Himmelskugel. N ist der Himmelsnordpol.

Abb. 2

(2) Bei Verwendung des Sinussatzes muß man für den Gradwert den richtigen Quadranten auswählen, da der Sinus im 1. und 2. Quadranten nicht unterschieden werden kann. Da $\delta_A < \delta_B$ wird $\eta > 90^\circ$ und muß daher im 2. Quadranten bestimmt werden.

3.5. Mit dem Seitenkosinussatz berechnen wir nun im sphärischen Dreieck AON (s. Abb. 2) die Seite ($90^\circ - \delta_O$) und erhalten damit δ_O . Zur Kontrolle berechnen wir die gleiche Seite im Dreieck BON.

$$(Va) \quad \sin \delta_O = \cos \hat{b} \cdot \sin \delta_A + \sin \hat{b} \cdot \cos \delta_A \cdot \cos (\varepsilon - \gamma)$$

$$(Vb) \quad \sin \delta_O = \cos \hat{a} \cdot \sin \delta_B + \sin \hat{a} \cdot \cos \delta_B \cdot \cos (\eta - \beta)$$

3.6. Mit dem Sinussatz berechnen wir die Winkel $\Delta \alpha_A$ und $\Delta \alpha_B$:

$$(VIa) \quad \sin \Delta \alpha_A = \frac{\sin \hat{b} \cdot \sin (\varepsilon - \gamma)}{\cos \delta_O}; \quad \sin \Delta \alpha_B = \frac{\sin \hat{a} \cdot \sin (\eta - \beta)}{\cos \delta_O}$$

Eine weitere Kontrollmöglichkeit ergibt sich aus der Summe $\Delta \alpha_A + \Delta \alpha_B = \alpha_A - \alpha_B$, wie unschwer aus Abb. 2 erkennbar ist.

3.7. Zur Berechnung für α_O haben wir wiederum zwei Möglichkeiten, die wir aus Kontrollgründen beide nutzen. Wir erhalten α_O aus:

$$(VIIa) \quad \alpha_O = \alpha_A - \Delta \alpha_A; \quad \text{und} \quad (VIIb) \quad \alpha_O = \alpha_B + \Delta \alpha_B$$

Da wir sowohl die α_O - als auch die δ_O -Werte doppelt erhalten, können wir bei geringfügigen Abweichungen mitteln. Bei großen Differenzen liegen Rechenfehler vor.

4. Überprüfung der Genauigkeit dieser Methode

Die Genauigkeit dieser Methode läßt sich leicht überprüfen. Wir brauchen nur auf einer Himmelsaufnahme drei Katalogsterne auszuwählen und schließen einen davon an die beiden anderen an. Auf der Platte 87 der Schulsternwarte Rodewisch, die am 13. 7. 75 von 22^h50^m bis 23^h20^m MEZ belichtet wurde, wählten wir die Sterne 11, 12 und 17 Delphini aus. Die Aufnahmekamera hat eine Öffnung von 110 mm und eine Brennweite von 750 mm. Die Lage der Sterne ist wie in den Abb. 1 und 2 angegeben. $A = 17$ DEL, $B = 11$ DEL und $O = 12$ DEL. Wie im oben aufgeführten Beispiel soll O an A und B angeschlossen werden.

4.1. Die Koordinaten entnehmen wir dem Bečvar-Katalog ([1] S. 122)

17 DEL = A ($\alpha_A = 20^h53^m14^s.6$; $\delta_A = +13^\circ31'47''$)

11 DEL = B ($\alpha_B = 20^h41^m07^s.4$; $\delta_B = +14^\circ53'38''$)

12 DEL = O ($\alpha_O = 20^h44^m20^s.2$; $\delta_O = +15^\circ56'35''$)

4.2. Die im Bečvar-Katalog angegebenen Koordinaten beziehen sich auf das Äquinox 1950,0. Die Aufnahme wurde aber im Juli 1975 gemacht. Somit ist es erforderlich, daß die Werte wegen der Präzession und Eigenbewegung korrigiert werden müssen. Die jährlichen Korrekturwerte entnehmen wir ebenfalls dem Sternkatalog. Sie stehen in den Spalten AnV und müssen noch mit dem Faktor 25,53 der seit 1950,0 vergangenen Jahre multipliziert und als Korrektur an die α - und δ -Werte angebracht werden.

Nennen wir die anzubringenden Korrekturwerte α_K und δ_K so ergeben sich für A , B und O :

$$\alpha_{KA} = +1^m12^s.5; \quad \delta_{KA} = +5'50''$$

$$\alpha_{KB} = +1^m11^s.5; \quad \delta_{KB} = +5'29''$$

$$\alpha_{KO} = +1^m11^s.0; \quad \delta_{KO} = +5'32''$$

Daraus ergeben sich die korrigierten Werte für A , B und O gleich für den 10stelligen Elektronikrechner:

α	δ
A ($20^h90^m752922$;	$+13^\circ62687805$)
B ($20^h70524556$;	$+14^\circ98537139$)
O ($20^h75865927$;	$+16^\circ03524723$)

4.3. Mit einem Meßmikroskop, das Tausendstel Millimeter abzulesen gestattet, wurden die Strecken a , b und d je zehnmal gemessen und gemittelt:

$$a = 16,913 \text{ mm}; \quad b = 41,998 \text{ mm}; \quad d = 42,055 \text{ mm}$$

4.4. Nach den Formeln I bis VII werden nun mit einem 10-stelligen Rechner die Ergebnisse ermittelt:

nach (I) berechnet: $\hat{d} = 3^{\circ}23874039$

nach (II) berechnet: $\hat{a} = 1^{\circ}302504249$; $\hat{b} = 3^{\circ}234350705$

nach (III) berechnet: $\beta = 78^{\circ}2147098$; $\gamma = 23^{\circ}2282803 \rightarrow$

$(\varepsilon - \gamma) = 41^{\circ}6031744$

nach (IV) berechnet: $\varepsilon = 64^{\circ}8314547$; $\eta = 114^{\circ}4185554 \rightarrow$

$(\eta - \beta) = 36^{\circ}2038456$

nach (V) berechnet: $\delta_0 = 16^{\circ}034966$; $\delta_0 = 16^{\circ}0349676$

Umrechnung in Gradminuten und -sekunden ergibt:

$\delta_0 = 16^{\circ}02'5''$ $\delta_0 = 16^{\circ}02'5''$

nach (VI) berechnet: $\Delta\alpha_A = 1^h489212053 \cdot 10^{-1}$; $\Delta\alpha_B = 5^h336253346 \cdot 10^{-2}$

Daraus ergibt sich nach (VII):

$\alpha_0 = 20^h75860801$; $\alpha_0 = 20^h75860809$

Vergleichen wir mit den reduzierten Werten aus 4.2, so ergeben sich folgende Abweichungen:

$0^h00005126$ und $0^h00005118$, die umgerechnet in Rektaszensionssekunden bei beiden Werten eine Abweichung von 0.18 vom reduzierten Katalogwert ergibt.

Die für O errechneten Koordinaten sind demnach:

$O (20^h45^m31^s; +16^{\circ}02'06'')$

Nach Reduktion auf das Äquinox 1950,0:

$O (20^h44^m20^s; +15^{\circ}56'34'')$

Der Vergleich ergibt eine Abweichung von 0.2 in Rektaszension und 1" in Deklination. Die Genauigkeit der Positionsbestimmung ist also für Amateurzwecke auf jeden Fall mehr als ausreichend. Die unterschiedliche Refraktion der Sterne wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Literatur:

[1] Atlas Coeli-II, Katalog 1950.0 - Antonín Bečvář. Nakladatelství Československé Akademie věd. Praha 1964.

Junge Amateure

Beobachtung der Nova Cygni

Die Nova, die Ende August 1975 viele Beobachter sahen, ist die schnellste bis jetzt bekannte Nova gewesen. Sie war am 29. August mit bloßem Auge zu beobachten und wurde vom Verfasser bis Ende November 1975 am Fernrohr beobachtet.

Der Helligkeitsanstieg verlief ziemlich steil. Am 12. 8. 75 wurde die Nova im Moskauer Sternberg-Institut als Sternchen 16. Größe beobachtet. Am 28. August hatte sie bereits eine Helligkeit von etwa 12 Größenklassen. In der Tabelle teile ich meine Beobachtungsergebnisse aus 22 angestellten Helligkeitsschätzungen mit.

UWE BERGMANN

Datum	Instrument (Refraktor)	Helligkeit vis
29. Aug. 1975	55/620	+2.3
30. Aug. 1975	55/620	1.8
01. Sept.	63/840	3.2
02. Sept.	63/840	3.5
04. Sept.	55/620	4.7
05. Sept.	55/620	4.9
06. Sept.	63/840	5.2
08. Sept.	50/540	6.0
10. Sept.	50/540	6.1
13. Sept.	55/620	6.5
18. Sept.	50/540	6.8

Datum	Instrument (Refraktor)	Helligkeit vis
21. Sept.	55/620	7.5
25. Sept.	63/840	7.4
30. Sept.	50/540	7.7
05. Okt.	50/540	7.9
10. Okt.	55/620	8.2
15. Okt.	55/620	8.6
10. Nov.	55/620	9.0
15. Nov.	55/620	9.3
25. Nov.	63/840	10.7
28. Nov.	63/840	11.5
30. Nov.	63/840	12.3

Kurzberichte

Sommerlager „Astronomie“ in Apolda

In der Zeit vom 14. 8. bis 22. 8. 1976 findet auf dem Gelände der Volkssternwarte Apolda ein Sommerlager „Astronomie“ statt, in dem sich Amateurastronomen und Sternfreunde unter fachlicher Anleitung in eigener Arbeit, in Vorträgen und Diskussionen mit Fragen der Astronomie beschäftigen werden. Instrumentarium und Bibliothek stehen zur Verfügung.

Die Unterbringung erfolgt voraussichtlich in Zelten; Schlafsack und Luftmatratze sind nach Möglichkeit mitzubringen. Die Selbstkosten der Versorgung (etwa 60,- M) sind von den Teilnehmern zu tragen. Die vorgesehene Teilnehmerzahl beträgt 25. **Anmeldungen werden bis 30. Juni an Volkssternwarte Apolda, 532 Apolda, Am Brückenhorn 16, erbeten.**

Zentraler Fachausschuß Astronomie
Fachgruppe Astronomie Apolda

URANIA-Referentenberatung in Berlin

Die zentrale Sektion Astronomie der URANIA bietet mit ihren jährlichen Referentenberatungen einen unüberhörbaren Beitrag zur astronomischen Volksbildung in der DDR. Daß diese Veranstaltungen zu gern besuchten Treffpunkten nicht nur der URANIA-Referenten, sondern auch vieler Astronomie-Interessenten, Astronomielehrer und Amateurastronomen geworden sind, ist bekannt. Sie alle nutzen die Möglichkeit, sich über aktuelle Entwicklungen

in der Astronomie, über neue Forschungsergebnisse und Theorien in anspruchsvoller, aber verständlicher Weise informieren zu lassen.

Dieser Tradition entsprach auch die Referentenberatung über Physik und Kosmogonie der Planeten, die am 18. 2. 1976 in der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow stattfand. Zwei Vorträge über Beobachtungsbefunde standen am Beginn: Dr. M. Reichstein (Halle) sprach über „Gestaltung und Evolutionsmerkmale der Planetenoberflächen“, Dr. L. Kühn (Jena) über „Physikalische Bedingungen und chemische Zusammensetzung der Planetenatmosphären“. Die Vorträge des Nachmittags behandelten „Modellvorstellungen über den inneren Aufbau der Planeten“ (Dr. K.-H. Schmidt, Potsdam) und „Moderne Vorstellungen über die Entstehung des Planetensystems“ (Dr. J. Dorschner, Jena). Bei allen Vorträgen lag das Gewicht eindeutig auf dem kosmogonischen Aspekt, wenn auch gesagt werden mußte, daß gegenwärtig noch keine umfassende, allgemein akzeptierte Theorie der Planetenentstehung und -entwicklung existiert. Unterschiedliche kosmogonische Konzeptionen, die allerdings nur Fundamente einer Theorie sein können, weisen darauf hin, daß die Problematik der Planetenkosmogonie nicht allein von der Astrophysik her bewältigt werden kann, sondern daß daran auch die Meteoritenforschung, die Geologie und die Planetologie ganz wesentlichen Anteil haben.

Die Wahl der Archenhold-Sternwarte als Tagungslokal ist eine begrüßenswerte Entscheidung. Die Teilnehmerzahl war jedoch auffällig niedriger als bei früheren Veranstaltungen; das dürfte durch die unverständliche Sparsamkeit bei der Versendung der Einladungen zu erklären sein. So blieben zahlreiche Plätze in der Saal leer, und das muß angesichts der Fülle aktueller Informationen in den Vorträgen als bedauerlicher Mangel gewertet werden. Eine so gut vorbereitete und durchgeführte Tagung hätte die doppelte Zuhörerzahl verdient!

Li.

Aus der Literatur

Die erste Karte des Marsmondes Phobos

Im Vergleich zum Erdmond besitzt der große Marsmond Phobos wahrhaft „mikroskopische“ Ausmaße. Infolge des überaus geringen Abstandes vom Planeten (9400 km) stößt die Beobachtung von der Erde aus auf große Schwierigkeiten. Mittels

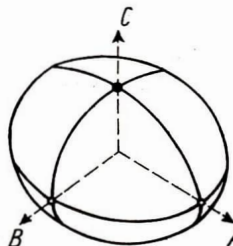


Abb. 1, links: Lage der Ellipsoidachsen der Marsmonde.
A — Achse, die ständig auf den Mars gerichtet ist
B — Achse in der Lage der Mondrevolution
C — Achse in der Lage der Mondrotation

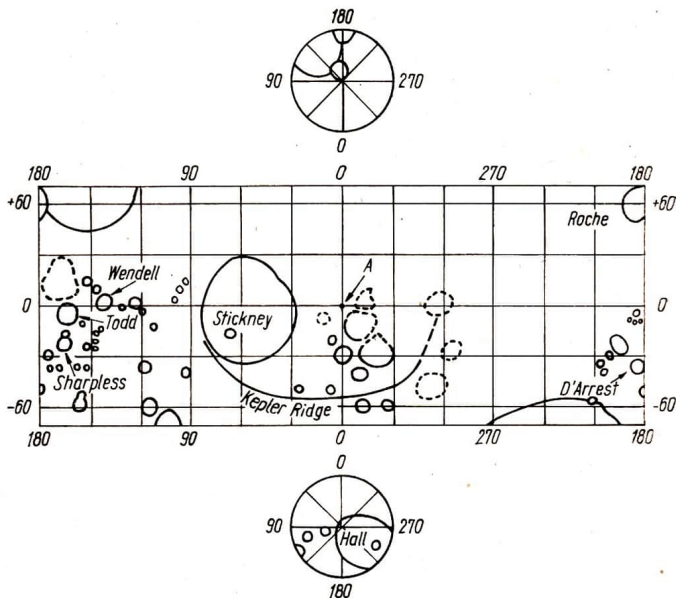


Abb. 2: Karte des Phobos, bearbeitet von T. C. Duxbury auf der Grundlage der Ergebnisse von MARINER-9 (Norden ist oben, Osten ist rechts). Der Punkt A (Mitte) bezeichnet den Punkt auf dem Mond, durch den die Achse geht, die ständig auf den Mars gerichtet ist. Ein Beobachter in diesem Punkt würde den Planeten im Zenit sehen.

der Sonde MARINER-9 konnten in den Jahren 1971–1972 die wirkliche Gestalt, die mittlere Dichte, die ungefähre Masse sowie die Oberflächengestaltung der beiden Marsmonde nachgewiesen werden. Die kartoffelähnliche Gestalt der Monde ist uns inzwischen allgemein bekannt geworden.

Der Mond Phobos hat die Gestalt eines dreiachsigen Ellipsoids mit den Achsenlängen von 27, 21,5 und 19 km. Das Volumen beträgt 5810 km^3 , die Oberfläche nur 1400 km^2 . Seine mittlere Dichte liegt bei 3 g/cm^3 , die Gesamtmasse beträgt $17,4 \cdot 10^{18} \text{ g}$, die des Deimos (mit seinen Achsen 15, 12 und 11 km) $3,1 \cdot 10^{18} \text{ g}$.

Die Oberfläche der Marsmonde ist mit Kratern bedeckt, die einen Durchmesser von 8 km nicht überschreiten. Die Entstehung dieser Krater ist auf den Zusammenstoß von meteoritischen Körpern in unserem Sonnensystem zurückzuführen, die dabei Vertiefungen verschiedener Größen gerissen haben.

Die Sonde MARINER-9 hat etwa 70 Prozent der Oberfläche des Mondes Phobos erfasst. Der amerikanische Astronom Thomas C. Duxbury vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena entwickelte daraus eine Oberflächenkarte dieses Mondes. 50 Kratergebilde erhielten Bezeichnungen, wie z. B. Kepler-Kamm (Kepler Ridge). Die Krater erhielten die Namen jener Astronomen, die sich bei der Erforschung des Planeten große Verdienste erworben hatten, wie H. L. d'Arrest (1822–1875), A. Hall (1829–1907), E. Roche (1820–1883), B. P. Sharpless, A. Stickney, D. P. Todd (1855–1939), O. C. Wedell (1845–1912) u.a.m.

Vom Mond Deimos kennt man 40 Prozent der Oberfläche, nur 2 Krater wurden namentlich bezeichnet, und zwar nach dem englischen Schriftsteller J. Swift (1667–1745) sowie nach dem französischen Schriftsteller F. Wolter (1694–1778).

Es besteht die Hoffnung, daß auch in Bälde eine Karte des Mondes Deimos erscheinen wird. Beide Marsmonde stehen auch auf dem Forschungsprogramm der Sonden VIKING. Bei den beiden Marsmonden dürfte es sich ohne Zweifel um zwei Planetoiden handeln, die in den Gravitationsbereich des Planeten Mars geraten und so zu Satelliten geworden sind.

(Gekürzt nach „Urania“/VR Polen, 1975, Nr. 11, S. 332–335)

A. Z.

Erweiterung der direkten Fernsprechverbindung zwischen der sowjetischen und der USA-Regierung über Satelliten

Die seit 1963 bestehende Fernsprech-Direktverbindung zwischen der sowjetischen und der amerikanischen Regierung über Kabel und Funk wird jetzt durch eine Satellitenverbindung erweitert. Dazu wird eine Verbindung mit einem Molnija-2-Satelliten und eine weitere mit einem Intelsat-4-Satelliten aufgebaut. Ein Gespräch wird dann immer gleichzeitig über beide Satelliten übertragen. Bei den verwendeten Satelliten handelt es sich um kommerziell genutzte Satelliten, in denen immer einige Kanäle freigeschaltet werden. Die Firma ITT wurde beauftragt, die Bodenstationen vom Intelsat-4-System bei Moskau und in Etam (West Virginia) zu bauen und zu warten. Die Bodenstationen des Molnija-2-Systems in Wladimir und in Fort Detrick (Maryland) sind bereits von sowjetischen Spezialisten errichtet und werden von diesen auch gewartet. Aus bahntechnischen Gründen kommen immer 3 Molnija-2-Satelliten zum Einsatz. Mit der endgültigen Fertigstellung und Indienststellung der Bodenstationen war Ende 1975 zu rechnen.

R. L.

Nach: Elektrisches Nachrichtenwesen, Band 50, Heft 2/1975.

Molnija verbindet ČSSR mit Kuba

Die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten zeigt sich auch bei der Entwicklung des kosmischen Verbindungswesens. Unser Land baute mit Hilfe der UdSSR ein Radiokommunikationszentrum, das Übertragungen mit Hilfe von Erdsatelliten ermöglicht. Ab 2. Februar sind wir der zweite Staat in Europa – nach der Sowjetunion – der an der Nutzung des Intersputniksystems bei Telefonverbindungen Anteil hat.

Der neue Telefonanschluß verbindet mittels Molnija die ČSSR mit Kuba.

Der Telefonanschluß verläuft beiderseitig über die Erdstation der kosmischen Verbindung, die im Rahmen des Intersputnikprogramms errichtet wurde. Die Verbindung zwischen den Stationen stellt der sowjetische Telekommunikationssatellit vom Typ Molnija sicher.

Aus: Prager Volkszeitung 6/76, 6. 2. 76

Sternenkatalog

Sowjetische Astronomen haben ihre langjährige Arbeit an einem neuen großen Sternenkatalog beendet. Das Werk enthält Daten über Koordinaten und Bewegung von 1022 hellen und schwachen Sternen der nördlichen Hemisphäre und stellt eine solide Grundlage für gleichzeitige optische und radioastronomische Beobachtungen von Sternen dar. Der Katalog wird für einen neuen fundamentalen Sternatlas ausgewertet, der auf Beschluß der Internationalen Astronomischen Union zusammengestellt wird.

Beobachtungen mit Orion 2

Während des Fluges des sowjetischen Raumschiffes Sojus 12 wurden u. a. Sternbeobachtungen im UV-Bereich ausgeführt. Speziell für diese Beobachtungen hatte eine Wissenschaftlergruppe des Astrophysikalischen Observatoriums Bjurakan (Armenische SSR) das Teleskop Orion 2 konstruiert. Beobachtungsgegenstand war u. a. ein Nebel, in dessen Zentrum ein Stern mit hoher Temperatur steht. Der Stern ist – wie die sowjetische Nachrichtenagentur Nowosti berichtet – von einer siliziumhaltigen Gashölle umgeben. In dem Nebel wurden drei chemische Elemente gefunden, die bisher bei Beobachtungen von der Erde her im Weltraum noch nicht entdeckt worden waren. Weitere Beobachtungen galten dem Stern Capella, dem hellsten Objekt im Sternbild Fuhrmann. Um Capella wurden mehrere Dutzend heiße Sterne von äußerst geringer Helligkeit entdeckt. Astronomen nehmen an, eine Sternassoziation neuen Typs gefunden zu haben.

ND, 7./8. 2. 76

Pioneer 11 änderte Kurs zum Saturn

Die amerikanische Planetensonde „Pioneer 11“, die im Dezember 1974 am Jupiter vorbeiflog und seitdem in Richtung Saturn fliegt, hat jetzt ihre Flugbahn mit Hilfe des Bordcomputers so korrigiert, daß sich zwei Möglichkeiten für die Begegnung mit dem Planeten ergeben. „Pioneer 11“ kann sich – wenn die Sonde wie geplant ihr Ziel im September 1979 erreicht – dem Planeten so nähern, daß sie in seinem Schwerfeld nach oben geschleudert wird und auf diese Weise das Ringsystem des Saturn von zwei Positionen aus ins Blickfeld bekommt, oder sie kann zwischen dem Saturn und seinen Ringen hindurchgesteuert werden. Im letzten Falle käme die Sonde dem größten der sechs Saturnmonde „Titan“ sehr nahe. „Pioneer 11“ war bei der Kurskorrektur etwa 400 Millionen Kilometer von der Erde entfernt und hatte eine Geschwindigkeit von 64 000 Kilometern pro Stunde. Bisher hat die Sonde erst ein Drittel ihres Weges zum Saturn zurückgelegt.

BZ, 21./22. 2. 1976

Titan, ein Gastrabant

Der Saturnmond Titan ist nach neuesten Messungen amerikanischer Astronomen zum größten Trabanten aller Planeten unseres Sonnensystems erklärt worden. Bisher galt der Jupitermond Ganymed als größter Planetenmond. Wie die astronomische Zeitschrift „Icarus“ berichtet, habe das Observatorium der Universität Hawaii errechnet, daß der Titan-Durchmesser rund 900 km größer ist als bisher angenommen wurde. Er beträgt somit 5800 km statt 4880 km. Zu der neuen Angabe gelangten die Astronomen, als sie eine Bedeckung des Titan durch den Erdmond im Jahre 1974 beobachteten. Auch die Theorien über das Material, aus dem der Titan bestehen soll, müsse nach den neuesten Beobachtungen revidiert werden.

Er bestehe nicht aus festem Gestein, das teilweise mit Eis überzogen ist, sondern es müsse mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß der Titan ein riesiger Ball aus gefrorenen Gasen, unter anderem Methangas, sei.

ND, 6./7. 3. 1976

Stabile Sternbeobachtung

Die ersten Beobachtungsergebnisse des neuen sowjetischen 6-Meter-Spiegeltelskops haben die Erwartungen der Fachleute vollumfänglich bestätigt, teilt TASS mit. Mit Hilfe des Teleskops, das sich in Selenitschuk im nördlichen Kaukasus befindet, können Sterne der Größenklasse 23 stabil beobachtet werden. Vor einigen Tagen gelang es sogar, Aufnahmen bester Qualität von Objekten noch geringerer Helligkeit zu gewinnen.

Ein Vergleich der Möglichkeiten des neuen Teleskops mit jenem von Mt. Palomar (USA), dessen Spiegel einen Durchmesser von rund fünf Metern hat, ergab, daß der Raum, den das sowjetische Gerät beobachten kann, etwa doppelt so groß ist.

ND, 13./14. 3. 1976

Ein neues Milchstraßensystem?

Ein neues Milchstraßensystem, das „nur“ 55000 Lichtjahre von uns entfernt ist, glauben amerikanische Astronomen aus Maryland gefunden zu haben. Es wäre damit dreimal näher als das uns nächste extragalaktische System, die Magellansche Wolke. Das System soll einen Durchmesser von ungefähr 100000 Lichtjahren haben. Da es etwa in der Ebene unserer Galaxis steht, war seine Entdeckung bisher noch nicht möglich.

Aus: „Flieger-Revue“ Heft 1/76.

Buchbesprechungen

Wolken, Wind und Wetter

Das als Gemeinschaftsausgabe in Übersetzung vorliegende Werk der beiden sowjetischen Autoren hat das Ziel, in ausführlicher Form die Grundlagen, Probleme und Arbeitsmethoden der modernen Meteorologie zu beschreiben. Was die Menge und die Details der zusammengetragenen Fakten betrifft, gibt es zur Zeit in der DDR kein vergleichbares Werk. Die Kapitel behandeln die allgemeine Charakteristik der Atmosphäre, die Sonneneinstrahlung, die Lufttemperatur, den Luftdruck und den Wind, Fronten und Frontalzonen, Strahlströme, die allgemeine Zirkulation, die Bewölkung und die Niederschläge, die Wetterprognosen, Probleme der Wetter- und Klimaveränderungen sowie Klimaschwankungen und Klimaänderungen.

Nach Stoffauswahl und Darstellungsweise geht das Werk über ein populärwissenschaftliches Anliegen erheblich hinaus. Es entspricht am ehesten einer fachbuchähnlichen Einführung in die Meteorologie. In dieser Hinsicht erinnert das Buch an ältere einführende Fachbücher von DDR-Autoren (R. Höhn „Wetter, Wind, Wolken“; W. Berth, W. Keller, U. Scharnow „Wetterkunde“). In seiner methodischen Anlage bleibt das Werk von Pogossjan und Turketti jedoch merklich hinter den dort und anderweitig aufgezeigten Prinzipien zurück. So steht die Erklärung der Arbeit mit meteorologischen Satelliten am Anfang des Buches und geschieht dort mit Fachausdrücken, die erst wesentlich später verständlich gemacht werden. Bewölkung und Niederschlag werden erst als letzter Komplex behandelt, obwohl es zu den elementaren Erkenntnissen gehört, daß der Kreislauf des Wassers in der Atmosphäre für deren Energiehaushalt recht erheblich Bedeutung hat. Diese Hinweise können hier nur unvollständig bleiben. In vielen Beschreibungen finden sich lediglich summarische Aufzählungen von Fakten, die das jeweilige Problem oder Anliegen kaum erhellen.

Ganz allgemein ist festzustellen, daß modernste Arbeitsmethoden (Satellitenmeteorologie, Driftbojen, Datensammel-satelliten, Transosonden) keinesfalls in dem ihrer Bedeutung entsprechenden Umfang erläutert werden. Von wichtigen globalen Forschungsprogrammen internationaler Prägung (z. B. GARP) wird nur sehr allgemein und unbefriedigend berichtet. Die Lesbarkeit des Textes und die Verständlichkeit der Darstellungen leidet unter einer Fülle von eingestreutem Zahlenmaterial, das wegen seiner speziellen territorialen Zuordnung für Leser mit allgemeinem Informationsbedürfnis zum größten Teil weitgehend überflüssig ist.

Es wird als bedauerlich empfunden, daß die Bildausstattung kaum den gegenwärtigen Ansprüchen und Möglichkeiten entspricht. Das betrifft sowohl die fotografischen Abbildungen als auch die Graphiken. Ein informatives Beispiel für gute fotografische Abbildungen zum Thema Meteorologie bietet das nun schon ältere Werk von M. Koldovsky (1960).

Einige sachliche Fehler und terminologische Unzulänglichkeiten seien ohne Anspruch auf Vollständigkeit angemerkt. Die in der Hochatmosphäre verglichenen natürlichen Körper heißen Meteorite und nicht Meteore. Das Nachthimmels-leuchten ist als präziser Begriff seit langem bekannt und braucht nicht durch „Ausstrahlung des Nachthimmels“ un-schrieben zu werden. Alexander v. Humboldts Arbeiten mit Aufstiegen von Luftschiffen in Verbindung zu bringen, ist ein arger Mißgriff. Der Physiker A. Piccard war Schweizer Bürger und kein Belgier. Den Meßkopf einer Höhenrakete als Trägersystem zu bezeichnen ist falsch, weil mißverständlich. Die Discoverer-Satelliten der USA dienen Spionageaufgaben und waren keine Forschungssatelliten zur meteorologischen Erkundung der Hochatmosphäre. Der Begriff Stratonaut für Ballon-fahrer bei Stratosphärenaufstiegen ist in deutschsprachigen Büchern nicht üblich.

Reicht abschließend noch darauf hinzuweisen, daß ein Buch mit wissenschaftlicher Thematik, unabhängig davon, ob es als Fachbuch oder als allgemeinverständliche Schrift verstanden sein will, ohne ein hinreichend detailliertes Sachwortverzeichnis einen verminderten Nutzwert hat. Es wäre sicher zweckmäßig gewesen, dem Buch Literaturhinweise beizufügen, die es dem Leser erleichterten, ergänzende Literatur zu beschaffen.

HEINZ MIELKE

Choren. P. Pogossjan/Sinaida Turketti: Wolken, Wind und Wetter. Verlag MIR, Moskau/Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin 1975.

Abenteuer Weltraum

Seit dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten, „Sputnik 1“, am 4. Oktober 1957 sind nicht einmal 20 Jahre vergangen. In diesem kurzen Zeitraum hat die Raumfahrt große Erfolge errungen und Ziele, deren Erreichung früher den utopischen Schriftstellern vorbehalten war, rücken mehr und mehr in den Bereich der Realität. Aus diesem Grunde wird der Wunsch nach Literatur, die diesen Realitäten Rechnung trägt, immer größer.

F. J. Sigel macht in seinem Buch „Abenteuer Weltraum“ sehr gut deutlich, daß die Raumfahrt die Kooperation sehr vieler Wissenschaftsdisziplinen erfordert. Das klassische Gebiet der Astronomie, die Himmelsmechanik, liefert die Grundlagen zur Berechnung der Flugbahnen von Raumflugkörpern. Hierüber findet man in dem Kapitel „In der Gewalt der Schwerkraft“ zahlreiche Informationen, z. B. über die Abhängigkeit der Bahnform von der Geschwindigkeit der Rakete bei Brennschluß der Triebwerke, über periodische Bahnen, über die Lebensdauer von Erdsatelliten in Abhängigkeit von ihrer Flughöhe, über verschiedene Möglichkeiten von Flugbahnen zum Mond und zu den Planeten, über die Optimierung von Flugbahnen usw.

Umfangreiche Probleme sind von der Physik und der Technik beim Bau von Triebwerken zu lösen. Chemische Raketen sind im Einsatz, aber auch an Kernreaktoren, elektrothermische, elektrostatische oder Plasmatriebwerke wird bereits gedacht. In den Bereich der Technik gehören auch die vielschichtigen Probleme der Nachrichtenübermittlung, der Werkstoffkunde usw. Es ist gar nicht möglich, alle Zweige der modernen Technik aufzuzählen, die an der Raumfahrtforschung beteiligt sind.

Im interplanetaren und interstellaren Raum ist die Materiedichte sehr gering, trotzdem gibt es Wechselbeziehungen zwischen dieser Materie und einem Raumschiff, das sich durch diesen Bereich bewegt. Die physikalischen Bedingungen dieser Wechselbeziehungen müssen untersucht werden, da sie z. B. Einfluß auch auf die Konstruktion und den Bau der Raumschiffe haben, z. B. auf die Frage der Werkstoffe für den Bau der Flugkörper.

Sobald der Mensch selbst mit einem Raumschiff in den Weltraum startet, sind von Biologen und Medizinern zahlreiche Fragen vor, während und nach dem Flug zu lösen.

Der praktische Raumflug hat aber auch ganz neue juristische Fragen aufgeworfen, von denen hier nur zwei erwähnt seien: „Wie hoch ist ein Staat?“, „Wem gehören die Himmelskörper?“. Diese Aufzählung der Wissenschaftsdisziplinen ist keinesfalls vollständig. Sie soll nur einen kurzen Überblick geben, über welche Probleme der Autor informiert und zu welchen Fragen er Stellung nimmt. Er tut dies – wie der Untertitel sagt – in sehr unterhaltender Form, so daß es nie langweilig wird, in diesem Buch über vielfach „trockene“ wissenschaftliche und technische Probleme zu lesen. Dies gilt auch ganz besonders für das letzte Kapitel des Buches, über „Raumfahrt – gestern, heute und morgen“, da der Autor viele interessante Gedanken zur „morgigen“ Entwicklung der Raumfahrt äußert.

Viele gute grafische Darstellungen tragen sehr zum Verständnis des Textes bei.

Im einleitenden Kapitel nimmt der Autor Stellung zu der Frage „Was ist Raumfahrt“ und definiert sie einmal „als Wissenschaft von der Erschließung des Universums“ und zum anderen „als Begriff für alle Bestrebungen, durch den Einsatz von technischen Hilfsmitteln dem Menschen andere Himmelskörper erreichbar zu machen“. Ganz besonders die zweite Definition vernachlässigt meiner Meinung nach ein wichtiges Gebiet der Raumfahrt, nämlich den Bereich „Raumfahrt für die Erde“. Die Probleme der Erkundung von Bodenschätzen, Nachrichtenübermittlungen, Beobachtungen großräumiger Wasser- und Luftverschmutzungen, Untersuchung des Großwettergeschehens, Kontrolle von großen, sonst schwer überschaubaren forwirtschaftlichen Gebieten usw. sind in der heutigen Raumfahrt von großer Bedeutung.

Dr. S. MARX

Felix Jurjewitsch Sigel: Abenteuer Weltraum, eine Unterhaltung über Raumfahrt, Verlag MIR Moskau und Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin 1975.

Unsere Autoren:

Dr. D. B. Herrmann, 117 Berlin, Birnbaumer Str. 43 – Ing. E. Rothenberg, 115 Berlin, Plisener Str. 34 – R.N. Dr. Jaromír Široký, Karadátová 4, Olomouc/ČSSR – Karl-Heinz Neumann, 1056 Berlin, PSF 34 – W. Roloff, 3511 Birkholz, Dorfplatz 9 – Rudolf Branzk, 925 Mittweida, Burgstädter Str. 24 – Elvira Pätzner, 2331 Uders (Rügen), Post Granskevitzen – Harald Ziegner, 9655 Schöneck, Rathaus – Friedemann Berth, 9706 Rodewisch, Lengsfelder Str. 32 – Uwe Bergmann, 207 Röbel (Müritzt), Straße der Befreiung 15 – Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17 – Dr. S. Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium – Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstr. 9 – Karlheinz Müller, 9362 Drebach, Sternwarte

Berechtigung

In Heft 5/75 muß es unter „Unsere Autoren“ richtig heißen: Peter Wolff, 117 Berlin, Rudower Str. 214 – Joachim Nernn, 117 Berlin, Borgmannstr. 5

EVP 1,50 M
PZV 31052

4¹⁹⁷⁶ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Das Problem der außerirdischen Zivilisationen und seine philosophischen Aspekte	
I. S. Schklowski	97
Auf den Spuren antiker Astronomen (II) · Dr. D. B. Herrmann/Ing. E. Rothenberg	105
Phasenbeobachtungen der Venus vor und nach der unteren Konjunktion 1975 · Dr. Paul Ahnert	109
Mitteilung des ZFA Astronomie	112

Amateure beobachten und berichten

Beobachtungen am projizierten Sonnenbild · Dr. Martin Leo	113
---	-----

Junge Amateure

Merkur 1976 · Jürgen Rendtel	115
Beobachtung eines kleinen Meteorstromes · Martin Dietrich	115
Feuerkugelercheinungen 1975 · Karsten Kirsch/Gerd Renner	116
Die Sonnenflecken im Juli, August und September 1975 · A. Ling	119
Beobachtung des Kometen Kobayashi-Borger-Milon (1975 h) · Dietmar Böhme	120
VV Cep im Minimum · Dietmar Böhme	121

Frage und Antwort

Hinweise für die heute übliche Zahlweise von Sonnenflecken zur Bestimmung der Relativzahl	
H. Künzel	121

Kurzberichte

Lesermeinungen zum Beitrag „Einige Aspekte amateurastronomischer Arbeit“, Heft 1/1976	
Dr. S. Marx	123
Nutzung der NASA-Produkte · Prof. Dr. G. Reintanz	124
Zur Entwicklung der astronomischen Jugendarbeit in der DDR · Hartmut Röllig	124
Zentrales Treffen junger Amateurastronomen der DDR im Februar 1976 · Hartmut Röllig	125

Aus der Literatur

Überschnelle Pulsare	125
Bestimmung der Größe der Pupille bei Dunkelheit – Möglicher Apollo-Planetoid entdeckt – Schnelles interstellares Objekt	126
Februar 1976 hatte 5 Sonnentage – Kohlenmonoxid in der Galaxie M 82 – Kohlenmonoxid in der Großen Magellanschen Wolke – Erdnaher kleiner Planet – Röntgenpulsar in der kleinen Magellanschen Wolke – Neue Signale für Kommunikationsversuche mit extraterrestrischen Zivilisationen	127
Amalthoa hat „normale“ Temperatur – Planeten als „Sonden“ für Helligkeitsvariationen der Sonne – „Physik und Entwicklung der Sterne“: Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten	128
Vela X 1 – Projekt Kosmos-Station – Hinweise auf einige besondere Himmelserscheinungen	128

3. Umschlagseite

Buchbesprechungen

Raumfahrt für die Erde – Sojus-Apollo 1975	4. Umschlagseite
--	------------------

Redaktionschluß: 15. 5. 1976

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Pfaffe (stellv. Chefredakteur; Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; O.L. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volkssternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 10556 Berlin, PSF 34; Heinz Mielke, 1003 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 11157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

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

Das Problem der außerirdischen Zivilisationen und seine philosophischen Aspekte

I. S. SCHKLOWSKI

Wir möchten ein uraltes und fundamentales Problem der Wissenschaft erörtern: Ist die Menschheit im Weltall allein, oder gibt es noch andere vernunftbegabte Wesen? Dazu ist von vornherein zu bemerken, daß das soeben formulierte Problem noch nicht gelöst ist. Mehr noch, wir wissen nicht, wann es gelöst werden wird und ob es überhaupt eine Lösung geben wird. Es besteht ein eklatanter Gegensatz zwischen der Klarheit der Problemstellung und dem Fehlen einer Lösung. Auf den ersten Blick haben nur einige tiefgehende Theoreme der Mathematik (insbesondere der Zahlentheorie) eine solche Eigenschaft. Aber natürlich gibt es auch einen großen Unterschied zwischen obiger Problemstellung und den erwähnten mathematischen Theoremen. Während beispielsweise der Große Fermatsche Satz logisch einwandfrei formuliert ist, ist hinsichtlich der außerirdischen Zivilisationen die Klarheit der Problemstellung eine nur scheinbare. Der grundlegende Begriff „vernunftbegabtes Leben“ ist keineswegs ein elementarer Begriff und bedarf einer eingehenden Analyse.

Ich habe keineswegs die Absicht, erschöpfende Antworten auf jene Vielzahl von Fragen, einschließlich der philosophischen, geben zu wollen, die im Zusammenhang mit dem Problem der außerirdischen Zivilisationen entstehen. Das Ziel meines Beitrags ist bescheidener: Ich möchte einige dieser Fragen stellen und präzisieren.

Zunächst ein kleiner historischer Exkurs. Es wäre falsch zu glauben, die Fragen nach der Vielzahl der bewohnten Welten sei von den materialistischen und den idealistischen Philosophen unterschiedlich beantwortet worden. Wie paradox es auch klingen mag, die überwiegende Mehrheit der Philosophen beider Richtungen vertrat dazu eine einheitliche Meinung. Beispielsweise waren die Materialisten der Epikureischen Schule und Lucretius Carus ebenso wie der Idealist Kant zutiefst davon überzeugt, daß es außer der Erde noch andere Welten gibt, die von vernunftbegabten Wesen bewohnt sind. Die christliche Kirche, die einer einseitig interpretierten Philosophie des Aristoteles anhing und die Erde als Mittelpunkt des Alls ansah, lehnte die Idee von der Vielzahl der bewohnten Welten ab. Aber seit der Verbrennung Giordano Brunos ist viel Zeit vergangen, und die heutigen „aufgeklärten“ Kirchendiener „beweisen“ kasuistisch, daß die Idee von der Vielzahl der bewohnten Welten der Heiligen Schrift nicht widerspreche.

Für Philosophen und andere Gelehrte des 17. bis 19. Jahrhunderts war die Überzeugung typisch, daß vernunftbegabte Wesen überall, selbst auf solchen Himmelskörpern wie dem Mond und der Sonne, verbreitet sind. Diese Ansicht entsprach dem damaligen sehr niedrigen Entwicklungsstand der Wissenschaft, die vorwiegend eine mechanistische Wissenschaft war. Nur einzelne skeptisch gestimmte Denker mahnten zur Vorsicht. Beispielsweise bezweifelten sie stark, daß der Mond bewohnt ist. Inzwischen hat sich die Lage grundlegend geändert. Je mehr wir vom Weltall erkennen, desto weiter entfernen wir uns von der primitiven Vorstellung, daß auf allen Himmelskörpern vernunftbegabte Wesen zu finden sein müßten.

Die Feststellung, daß wir heute ebensowenig wie die Zeitgenossen Giordano Brunos die grundlegende Frage beantworten können, ob es im Weltall Wesen gibt, die uns hinsichtlich der Vernunft gleichen, heißt jedoch nicht, daß die Wissenschaft bei der Lösung dieses Problems seitdem keinen Schritt vorangekommen wäre. Wenngleich die grundlegende Frage, ob wir im Weltall allein sind, genauso unbeantwortet bleibt wie vor Jahrhunderten, hat sich die Fragestellung selbst radikal verändert. Ein grundlegender Wandel hat sich vor 20 bis 25 Jahren vollzogen. Dieser Wandel hängt mit der Revolution zusammen, die sich in den letzten zwei Jahrzehnten in der Astronomie und Biologie – in zwei Wissenschaften, die jetzt an der Spitze der Naturwissenschaften stehen – abgespielt hat. Das Wesen dieser Revolution besteht darin, daß die mit neuester Technik ausgerüstete moderne Astronomie eine Astronomie aller Wellenlängen geworden ist. Die enorme Erweiterung der Beobachtungsmöglichkeiten erlaubt es, völlig neue Gesetzmäßigkeiten im Weltall zu entdecken. Es wurde deutlich, daß das Weltall nichts Erstarres, ein für allemal Gegebenes ist, sondern ein erstaunliches Bild der Veränderlichkeit, einer fließenden Evolution sowie sprunghafter qualitativer Veränderungen bietet. Die moderne Astronomie ist durch und durch Evolutionsastronomie. Ausnahmslos alle kosmischen Objekte müssen in ihrer Entwicklung und in ihren Wechselbeziehungen mit anderen Objekten betrachtet werden. Diese Wechselbeziehungen weisen häufig eine erstaunliche Spezifik und unerwartete Eigenschaften auf. Ohne zu übertreiben, kann man sagen, die gesamte Entwicklung der Astronomie im 20. Jahrhundert ist eine glänzende Bestätigung des dialektisch-materialistischen Weltbildes und schließt die naive metaphysische Konzeption völlig aus.

Eine der größten Errungenschaften der modernen Astronomie besteht darin, daß das Alter der verschiedenen Objekte im Weltall festgestellt wurde, und zwar mit ausreichender Genauigkeit. Wir wissen heute beispielsweise, daß die planetarischen Nebel lediglich einige Zehntausende Jahre alt sind, während die großen Gaskomplexe im interstellaren Raum – die sogenannten diffusen Nebel – Millionen Jahre alt sind, was aber in den Maßstäben des Weltalls ebenfalls nur „Kindesalter“ bedeutet.

Im Alter der Sterne bestehen ebenfalls riesige Unterschiede. Unter ihnen gibt es „Säuglinge“, die höchstens einige hunderttausend Jahre alt sind. Die Bildung von Sternen aus dem interstellaren Gas-Staub-Medium dauert auch heute noch an. Es gibt auch sehr alte Sterne, die sich fast unmittelbar nach der Entstehung unseres Sternensystems, der Galaxis, gebildet haben; das sind die sogenannten Sterne der ersten Generation. Unser Sternensystem hat sich vor 10–15 Milliarden Jahren gebildet, und dieses Alter fällt faktisch mit dem Alter des zur Zeit der Beobachtung zugänglichen Teils des Weltalls zusammen.

In der Epoche der Herausbildung unserer Galaxis wie auch der übrigen Sternensysteme war also das Weltall sehr jung und unterschied sich qualitativ vom heutigen Weltall. Es gab damals lediglich Gas, und selbst das war recht einfach zusammengesetzt: Es war eine Mischung von Wasserstoff und Helium. Die anderen chemischen Elemente, die die gewaltige Vielfalt der Bewegungs- und Entwicklungsformen der Materie im heutigen Weltall verursacht haben (darunter auch einer solchen komplizierten Form der Entwicklung der Materie wie das Lebens), gab es damals noch nicht. Sie entstanden später, in den Sternen der ersten Generation, bei Explosionen gewaltiger Aggregate von Materie – der galaktischen Kerne – und in anderen in vieler Hinsicht noch nicht erkannten Prozessen.

Wesentlich ist auch, daß in der Entstehungsperiode der Galaxien das Weltall zehnmal so klein war wie heute. Folglich war die mittlere Dichte der Materie tausendmal so groß wie heute. Diese wichtige Schlußfolgerung ergibt sich aus dem in unserer Zeit zu beobachtenden Auseinanderstreben der das Weltall anfüllenden Galaxien, was sich in der Rotverschiebung ihrer Spektren zeigt. In einer noch früheren Epoche, als das Weltall nur einige Millionen Jahre alt war, stellte es ein recht dichtes Konzentrat eines heißen Wasserstoff-Helium-Plasmas dar, das eine Temperatur von etwa 5000° aufwies und von der dieser Temperatur entsprechenden Ausstrahlung erfüllt war. Diese ihrer Struktur nach sehr einfache Materie, diese „Feuerkugel“, dehnte sich aus, kühlte sich ab, und danach, nach der Kondensation zu Galaxien und Sternen, vollzogen sich jene erstaunlichen evolutionären Umwandlungen, die zu der gewaltigen qualitativen Vielfalt der komplizierten Formen der sich bewegenden und entwickelnden Materie führten, wie sie heute im Weltall zu beobachten sind.

Mit allem Nachdruck sei betont, daß das soeben skizzierte Bild von der Entwicklung der Materie im Weltall sich keineswegs auf Spekulationen stützt (etwa von der Art, wie wir sie bei den Philosophen der Antike finden), sondern sehr exakt durch die Analyse von Beobachtungsstatsachen begründet ist. Beispielsweise beobachten die Astronomen seit 1965 die sogenannte Reststrahlung des Weltalls – einen Überrest jener weit zurückliegenden Epoche, als das Weltall eine „Feuerkugel“ war.

Das von der modernen Wissenschaft festgestellte Bild von der Evolution der Materie im Weltall führt notwendigerweise zu der Folgerung, daß sich die Entwicklung in einer ganz bestimmten Richtung vollzogen hat: vom Einfachen zum Komplizierten. In der Tat, während der gesamten 10 bis 15 Milliarden Jahre der Entwicklung der Materie im Weltall sind ihre Struktur und der Charakter der Beziehungen und Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen materiellen Systemen sowie innerhalb der einzelnen Systeme fortwährend komplizierter geworden. Die Entwicklung der modernen Astronomie hat mit aller Deutlichkeit den historischen Charakter der verschiedenen Existenzformen der Materie bewiesen. Die Sterne, die Galaxien und Galaxienhaufen sind historische Erscheinungen. Das heißt, es gab eine Zeit, in der sie noch nicht existiert haben. Kein Zweifel besteht auch darüber, daß die Sterne mit der Zeit im Weltall wieder verschwinden werden. Es vollzieht sich ein teilweise irreversibler Prozeß der Kondensation der „diffusen“ Materie zu Sternen. Im Innern der letzteren verwandelt sich Wasserstoff in Helium und schwerere Elemente, worin die Quelle der Strahlungsenergie der Sterne zu sehen ist. Nachdem die Sterne einen großen Teil ihres Wasserstoffbrennstoffs erschöpft haben, verwandeln sie sich in sogenannte „weiße Zwerge“, in Neutronensterne und in die noch wenig enträtselten „schwarzen Löcher“. Diese neuen Existenzformen der Materie unterscheiden sich von den gewöhnlichen Sternen zumindest dadurch, daß sie nach einiger Zeit von selbst praktisch zu strahlen aufhören.

Während die weißen Zwerge bereits zu Beginn unseres Jahrhunderts entdeckt worden waren, konnten die Neutronensterne und schwarzen Löcher erst in unseren Tagen dank den Erfolgen der Radio- und Röntgenastronomie festgestellt werden. Die gewöhnlichen Sterne (d. h. die selbstleuchtenden Körper, die Strahlung infolge der sich in ihrem Innern abspielenden Kernreaktionen aussenden) „leben“ um so länger, je geringer ihre Masse ist. Daher werden die Zwergsterne, deren Masse zehnmal kleiner ist als die der Sonne, wie aus Berechnungen hervorgeht, noch viele Zehntausende Milliarden Jahre existieren, d. h., sie werden bis zu jener unglaublich weit entfernten Epoche leben, in der das

Weltall tausendmal älter sein wird als heute. Es ist vorerst schwer vorauszusagen, wie dann das Weltall aussehen wird. Höchstwahrscheinlich wird es sich weiter unbegrenzt ausdehnen. Unter anderem wird sich der Abstand zwischen den Galaxien entsprechend auf das Tausendfache vergrößern, das interstellare Gas wird faktisch verschwinden, die Leuchtkraft der Galaxien wird sich um viele tausendmal verringern.

Wenn die Sterne und Galaxien historische Erscheinungen sind, so muß das gleiche vom Leben im Weltall gesagt werden. Natürlich kann im Hinblick auf die frühen Entwicklungsstadien des Weltalls von Leben keine Rede sein. Das folgt allein schon aus der primitiven chemischen Zusammensetzung der „Feuerkugel“, die das damalige Weltall bildete. Wenn wir zudem die gewaltige Temperatur und die Tatsache in Betracht ziehen, daß es in dem Plasma der Feuerkugel keinerlei Moleküle geben konnte, dann erscheint diese Folgerung noch begründeter. Unser Sonnensystem bildete sich aus dem Gas-Staub-Nebel vor etwa fünf Milliarden Jahren. Die Galaxis war damals ebenso wie das Weltall etwa halb so alt wie jetzt, aber im wesentlichen ähnelte sie durchaus unserem heutigen Sternensystem. Das bedeutet nicht, daß sie genauso war wie heute. Viele Sterne (beispielsweise der Sirius oder die Wega) waren damals noch nicht entstanden. Überhaupt bestand zwischen den Sternen eine ganz andere Nachbarschaft. Aber eine Reihe fundamentaler Merkmale der Galaxis – die Ausmaße, die Spiralstruktur, die totale Leuchtkraft, der Inhalt des interstellaren Gases – waren etwa wie heute.

Leben entstand auf der Erde in seinen primitivsten Formen bereits vor drei Milliarden Jahren. Wird es sich auf der Erde unbegrenzt weiterentwickeln?

Auf diese direkte Frage kann die moderne Wissenschaft heute eine durchaus begründete Antwort geben: Wenn das vernunftbegabte Leben nicht höchste Stufen seiner Entwicklung erreicht und nicht zu einem kosmischen Faktor wird (siehe unten), muß das Leben auf der Erde nach einem riesigen, aber endlichen Zeitraum von 5–6 Milliarden Jahren zu existieren aufhören. Die Sonne wird nämlich dann die Vorräte an Kernbrennstoff erschöpft haben und sich „aufzublasen“ beginnen; ihre Ausmaße vervielfachen sich. Zwar sinkt die Temperatur an der Oberfläche, aber die Stärke ihrer Ausstrahlung vervielfacht sich entsprechend der größeren Oberfläche, und das wirkt sich verhängnisvoll auf die Entwicklung und die Existenz des Lebens auf der Erde aus. Die Temperatur an der Oberfläche unseres Planeten wird dann nämlich 1000 °C übersteigen. Wenn aber in dieser von uns so weit entfernten Zukunft vernunftbegabtes Leben nicht nur erhalten bleibt, sondern sich wesentlich entwickelt, könnte die Menschheit von der Sonne entfernte Planeten und Asteroiden kolonisieren und sie künstlich umgestalten. Dazu wird durchaus genügend Zeit sein, denn die Umwandlung der Sonne in einen roten Riesen ist ein außerordentlich langsamer, keineswegs katastrophenartiger Prozeß. Allerdings wird sich nach weiteren Hunderten Millionen Jahren dieser rote Riese, nachdem er seine äußere Hülle abgeworfen hat, in einem „weißen Zwerg“ verwandeln. Sobald dieser erkaltet ist, wird er überhaupt zu strahlen aufhören (Stadium des „schwarzen Zwerges“). Jetzt ist schon nichts mehr zu machen: Wenn das vernunftbegabte Leben zu diesem Zeitpunkt nicht erlischt, muß es über die Grenzen des Sonnensystems hinaus emigrieren. Ich möchte nochmals betonen, dafür bleibt mehr als genügend Zeit. Das Problem besteht darin, ob es dann noch vernunftbegabtes Leben geben wird und welche Formen es annimmt. Darüber werden wir noch ausführlicher sprechen.

Vorläufig war nur vom Leben auf der Erde die Rede. Es ist aber doch durchaus wahrscheinlich, daß unser Planet nicht der einzige Ort für Leben und auch nicht der einzige Ort für vernunftbegabtes Leben ist. Es ist keineswegs abwegig anzunehmen, daß das Leben auch im „Weltallmaßstab“ eine historische Erscheinung ist. Daß es in den frühen Entwicklungsstadien des Weltalls kein Leben geben konnte, sagten wir bereits. Ich halte es ebenfalls für recht logisch, daß das Leben, wenn es bestehen bleibt, nach vielen Milliarden Jahren ein qualitativ anderes sein wird.

Jetzt müssen wir klären, was wir eigentlich unter den grundlegenden Begriffen „Leben“ und „Vernunft“ verstehen. Das ist keineswegs eine elementare Frage. Wenn wir z. B. über Leben im Maßstab nicht nur unseres Planeten Erde, sondern des gesamten Weltalls sprechen, dann ist die bekannte Definition des Lebens als Daseinsweise von Eiweißkörpern unzureichend, denn diese erfährt nur die wesentlichen Merkmale des irdischen Lebens. Es ist aber doch die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß in entfernten Welten Leben auf einer ganz anderen Basis (also nicht auf Kohlenstoffbasis) existiert. Angesichts dessen halte ich die von A. A. Ljapunow stammende „funktionale“ Definition des Lebens für die beste: „Leben ist ein solcher hochstabiler Zustand des Stoffes, der für die Ausarbeitung von Erhaltungsreaktionen Informationen verwendet, die in den Zuständen der einzelnen Moleküle kodiert ist.“ Eine Analyse dieser Formulierung enthält mein Buch „Weltall, Leben, Vernunft“. Einen konsequent „funktionalen“ Standpunkt zu den Begriffen „Vernunft“ und „Denken“ vertritt auch A. N. Kolmogorow. Die kybernetische Betrachtungsweise dieses Problems erlaubt die wichtige Schlußfolgerung, daß kein *prinzipieller* Unterschied zwischen einem „natürlichen“ vernunftbegabten Wesen und einem speziell hergestellten künstlichen Apparat besteht. Für die Modellierung beliebig komplizierter, darunter auch „vernunftbegabter“, Systeme gibt es prinzipiell keine Grenze.

Jetzt wollen wir die grundlegende Frage untersuchen: Wieviel hochentwickelte Zivilisationen kann es in der Galaxis geben? Wir wollen diese Größe mit N bezeichnen. Es ist leicht einzusehen, daß N als ein Produkt mehrerer Faktoren (Formel von Drake) dargestellt werden kann:

$$N = n \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t_1}{T}$$

Hier bedeuten: n – Anzahl aller Sterne in der Galaxis, P_1 – die Wahrscheinlichkeit, daß ein Stern ein Planetensystem besitzt, P_2 – die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Leben auf einem Planeten, P_3 – die Wahrscheinlichkeit, daß das Leben im Evolutionsprozeß auf einem Planeten zu vernunftbegabtem Leben wird, P_4 – die Wahrscheinlichkeit, daß das vernunftbegabte Leben in seinem Entwicklungsprozeß das „technologische“ Stadium erreicht, das mit der Erkenntnis der objektiven Gesetze der Natur und deren aktiver Umwandlung verbunden ist, t_1 – die durchschnittliche Dauer der Ära der technologischen Entwicklung, T – die Größenordnung des Alters der Galaxis. Der Faktor t_1/T ist notwendig, damit N die Anzahl der in unserem Sternensystem gleichzeitig existierenden planetarischen Zivilisationen ausdrückt.

Vor allem muß betont werden, daß der Terminus „Wahrscheinlichkeit“ in unserem Fall nicht den gewöhnlichen mathematischen Sinn hat. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie setzt die Existenz einer statistischen Gesamtheit voraus. Vorerst kennen wir ausreichend genau nur ein einziges Planetensystem – unser Sonnensystem. Und wir kennen nur einen einzigen Planeten, auf dem Leben entstanden ist, welches Bewußtsein hervorgebracht hat. Die gesamte Entwicklungsgeschichte des Lebens ist nicht wiederholbar, sie kann nicht „von neuem durchgespielt“ werden. Von welchen Wahrscheinlichkeitsabschätzungen kann dann überhaupt die Rede sein? Die „Wahrscheinlichkeiten“ P_1 , die in der Formel auftreten, sind mehr oder weniger subjektive Experteneinschätzungen. Daraus erklärt sich auch der Terminus für derartige Wahrscheinlichkeitsbewertungen: „subjektive Wahrscheinlichkeit“. Dieser Terminus war auf dem sowjetisch-amerikanischen Symposium zum Problem außerirdischer Zivilisationen, das im September 1971 im Observatorium Bjurakan stattgefunden hat, recht oft zu hören.

Trotz aller Subjektivität sind solche Bewertungen nicht sinnlos. Entscheidend ist nämlich, daß der Fortschritt der Wissenschaft eine deutlich ausgeprägte Tendenz zur Umwandlung der „subjektiven“ in „objektive“ Wahrscheinlichkeiten aufweist. Ich möchte dies an einem einfachen und zugleich wichtigen Beispiel erläutern. Noch vor 35 Jahren hatte die Größe P_1 den Charakter „subjektiver Wahrscheinlichkeit“. Heute wissen wir, daß die Wissenschaft des ersten Drittels unseres Jahrhunderts einen groben Fehler bei ihrer Bewertung begangen hat. Nach der damals herrschenden kosmogonischen Konzeption von Jeans stellt unser Sonnensystem ein äußerst seltenes, praktisch einmaliges Phänomen unter den Hunderten Milliarden zur Galaxis gehörenden Sternen dar. Jeans, der von der ungleichmäßigen Verteilung des Drehimpulses zwischen der Sonne und den Planeten beeindruckt war (98 % des Drehmoments sind in der Bahnbewegung der Planeten und nur 2 % in der Achsendreher der Sonne enthalten), hielt die Entstehung des Sonnensystems für das Resultat eines außerordentlich seltenen Ereignisses – der Begegnung der Sonne mit einem anderen Stern. Wenn man berücksichtigt, daß der mittlere Abstand zwischen den Sternen millionenmal so groß ist wie der Durchmesser der Sterne und daß die Relativgeschwindigkeit der Sterne die Größenordnung von einigen Dutzenden Kilometern in der Sekunde haben, dann läßt sich leicht zeigen, daß sich die Zahl von Sternenbegegnungen in der gesamten Geschichte der Galaxis an den Fingern einer Hand abzählen läßt (mit Ausnahme eines kleinen Bereichs in der Umgebung des Zentrums der Galaxis, wo auf Grund der im Vergleich zur Umgebung der Sonne wesentlich größeren Sternendichte die Wahrscheinlichkeit der Begegnung von Sternen größer ist).

Jeans hatte jedoch einen Fehler begangen: Er hatte sich auf die rein mechanische Seite des Problems beschränkt. Die Entwicklung der Magnetohydrodynamik (die es zu Jeans Zeit überhaupt noch nicht gegeben hatte) eröffnete völlig neue Möglichkeiten für die Erklärung der ungleichmäßigen Verteilung des Drehimpulses und hob diese klassische Schwierigkeit der Kosmogonie weitgehend auf. Damit war der Hypothese von Jeans der Boden entzogen. Endgültig widerlegt wurde sie durch Beobachtungen. Der amerikanische Astronom van de Kamp gelangte bei der Analyse der Eigenbewegung eines der uns nächsten Sterne, des Barnardschen Pfeilsterns, zu der Feststellung, daß diese Bewegung nicht geradlinig verläuft, sondern wellenförmig ist. Das erklärt sich aus dem Vorhandensein von (unsichtbaren) Satelliten, deren Anziehungskraft auf Barnards Stern wirkt. Eine solche Erscheinung war für die Astronomen nichts Neues. In früher entdeckten Fällen dieser Art hatte sich stets herausgestellt, daß sehr kleine, schwach strahlende Sterne, deren Masse die Masse des größten Planeten unserer Sonne, des Jupiters, um das Zehnfache übersteigt, die Ursache des Wellencharakters der Sternbewegung sind. Bei Barnards Stern ergab jedoch eine sehr sorgfältige Analyse, daß sich um diesen Stern drei unsichtbare Satelliten bewegen, deren Masse der Masse des Jupiters sehr nahekommt. Die

Masse des größten Satelliten beträgt das 1,26fache der Jupitermasse. Ein Umlauf um Barnards Stern dauert 24,8 Jahre, und der Abstand vom Zentralgestirn beträgt 4,5 astronomische Einheiten, fast ebensoviel wie der Abstand zwischen Jupiter und Sonne. Die Masse der beiden anderen Satelliten ist kleiner als die des Jupiters (das 0,63- bzw. 0,89fache), die Umlaufperioden betragen 12,5 bzw. 6,1 Jahre und der Abstand zum Zentralgestirn 2,9 bzw. 1,8 astronomische Einheiten. Es ist durchaus möglich, daß im System Barnards Stern noch einige weniger massereiche Satelliten existieren, die sich aus einer Analyse der Bewegung dieses Sterns nicht ermitteln lassen.

Ein kosmischer Körper mit einer Masse, die geringer ist als die des Jupiters, ist aber schon kein Stern mehr. Mit anderen Worten: ein solches Objekt kann kein selbstleuchtender Körper sein. Die Temperatur in seinem Inneren beträgt lediglich einige Hunderttausend Grad, während die Temperatur im Inneren normaler Sterne viele Millionen Grad beträgt. Die relativ niedrige Temperatur im Innern der kosmischen Objekte mit kleiner Masse läßt keine Kernreaktionen zu, die mit Freisetzung von Energie einhergehen. Andere Energiequellen (beispielsweise allmähliche Kontraktion des kosmischen Objekts) gibt es in diesem Fall auch nicht. Folglich ähnelt ein solches Objekt durchaus den großen Planeten vom Typ des Jupiters und des Saturns. Der Hauptteil des Drehimpulses bei Barnards Stern ist in der Bahnbewegung seiner Planeten konzentriert. In dieser Hinsicht ähnelt das System Barnards Stern durchaus unserem Sonnensystem. Astronomische Beobachtungen haben somit bewiesen, daß einer der uns nächsten Sterne ein *Planetenstern* hat.

Deshalb kann man mit sehr großer (keineswegs subjektiver) Wahrscheinlichkeit behaupten, daß in unserer Galaxis Planetensysteme außerordentlich verbreitet sind. Zu demselben Ergebnis kann man mit Hilfe einer indirekten Methode gelangen – indem man die Achsendrehung von Sternen verschiedener Spektralklassen analysiert. Diese Drehung, die bei relativ heißen Sternen sehr schnell erfolgt, verlangsamt sich beim Übergang zu Sternen vom Typ der Sonne und noch kälteren Sternen sehr stark, nahezu sprunghaft. Würde der gesamte Drehimpuls des Sonnensystems (der, wie oben erwähnt, vorwiegend in der Bahnbewegung der Planeten enthalten ist) auf die Sonne übertragen, müßte sich deren Rotationsgeschwindigkeit auf das 50fache vergrößern und sich der Rotationsgeschwindigkeit heißer Sterne annähern. Daraus könnte man durchaus begründet folgern, daß sich die geringen Rotationsgeschwindigkeiten der relativ kalten Zwergsterne so erklären, daß diese von Planeten umgeben sind, welche fast den gesamten Drehimpuls in sich aufnehmen. Im Zusammenhang mit dieser Erkenntnis geht die Größe P_1 aus einer „subjektiven Wahrscheinlichkeit“ in eine objektive Wahrscheinlichkeit über. Ich schätze, daß die Größe P_1 größer als 0,01 ist. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sie größer als 0,1 ist. Das heißt, in unserer Galaxis muß es mindestens einige Milliarden Planetensysteme geben.

Leider steht es um die Schätzung der übrigen Größen P , die in obige Formel eingehen, weitaus schlechter. Schwierigkeiten ergeben sich schon bei der Bewertung der Größe P_2 – der „subjektiven Wahrscheinlichkeit“ des Entstehens von Leben auf einem Planeten. Es ist offensichtlich, daß nicht auf jedem Planeten Leben entstehen kann. Ein überzeugendes Beispiel dafür ist unser Planetensystem. Man kann heute mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß von allen Planeten des Sonnensystems die Erde der einzige ist, der Leben hervorgebracht hat. Noch vor anderthalb Jahrzehnten waren wir weit größere Optimisten. Die Untersuchungen, die mit Hilfe sowjetischer und amerikanischer automatischer interplanetarischer Stationen vorgenommen wurden, ergaben, daß die natürlichen Bedingungen auf dem Mars außerordentlich lebensunfreundlich sind und daß auf der Venus ein gewaltiger atmosphärischer Druck und eine hohe Temperatur herrschen sowie eine für das Leben ungünstige chemische Zusammensetzung der Atmosphäre besteht. Aber gerade diese Planeten galten lange Zeit als mögliche Träger von Leben in unserem Sonnensystem. Man konnte niemals ernsthaft über die Existenz von Leben auf dem stark erhitzten Merkur debattieren, einem Planeten, auf dem Blei schmelzen würde, oder über die Existenz von Leben auf den kalten, mit giftigen Gasen angefüllten Riesenplaneten, die keine feste Oberfläche und keine Hydrosphäre haben. (Einige gar zu optimistische Wissenschaftler hatten allerdings behauptet, daß auf solchen Planeten Leben möglich ist.) Im allgemeinen ist recht klar, daß eine Reihe günstiger Faktoren zusammentreffen müssen, damit auf einem Planeten Leben entstehen kann. Der Planet muß ein entsprechendes Volumen und eine entsprechende Masse haben, eine für die Entstehung von Leben günstige Temperatur (die hauptsächlich von seiner Entfernung vom Zentralgestirn abhängt); offensichtlich ist auch das Vorhandensein einer Hydrosphäre und schließlich die Zusammensetzung der Atmosphäre sehr wichtig.

Das Problem besteht darin, daß die heutige Wissenschaft keine Antwort auf die Frage geben kann, wie das Leben auf der Erde entstanden ist. Will man eine wissenschaftlich begründete Antwort geben, dann muß man weitaus tiefer in den „Mechanismus“ des Lebens eindringen. Vor der Entstehung der Molekularbiologie, zu der Zeit, als die Biologen sich noch nicht mit dem genetischen Kode beschäftigten, konnte man meiner Meinung nach überhaupt nicht ernsthaft über mögliche Wege der Entstehung des Lebens auf der Erde sprechen. Die Entstehung von Leben ist eine qualitative Veränderung in der Entwicklung der Materie, eine Veränderung, der langwierige quantitative Transformationen zugrunde

liegen. In der Vergangenheit wurde diese außerordentlich wichtige Seite des Problems im Grunde genommen außer acht gelassen. Die Aufmerksamkeit wurde auf die unter natürlichen Bedingungen möglichen Wege der Bildung jenes organischen Materials (beispielsweise von Aminosäuren) gerichtet, aus dem sich lebender Stoff aufbaut. Aber eine Menge noch so komplizierter organischer Verbindungen ist noch kein Leben. Man muß vor allem begreifen, wie aus solchen „Blöcken“ eine „Maschine“ mit ihren Fähigkeiten zur Selbstduplikation sowie zur Mutation und anderen Wundern der lebenden Natur entstanden ist. Die gewaltige Kluft zwischen den primitivsten Lebensformen (beispielsweise den Viren) und den Verbindungen kompliziertester, aber dennoch toter organischer Stoffe ist bisher noch nicht ausgefüllt. Daher kann man keineswegs ausschließen, daß die erste lebende Substanz auf der Erde zufällig entstanden ist oder sogar in Form von Sporen aus dem Weltraum auf die Erde gelangte. Es ist aber durchaus auch möglich, daß damals auf der Erde so günstige natürliche Bedingungen zusammentrafen, daß das Leben mit Notwendigkeit entstehen mußte. Darin eben liegt die Schwierigkeit des Problems, daß wir beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der Wissenschaft noch nicht zwischen diesen extremen Möglichkeiten entscheiden können. Die Situation ist auch deshalb so kompliziert, weil dieses Problem zumindest in den nächsten Jahrzehnten, wenn nicht Jahrhunderten, mit den Mitteln der Astronomie und Kosmonautik nicht zu lösen sein dürfte. Das geht schon daraus hervor, daß wir auch heute nach so vielen Jahren der Forschung keine hundertprozentig eindeutige Antwort auf die Frage geben können, ob Leben auf dem Mars existiert. Um so weniger ist zu erwarten, daß die unvergleichlich schwierigeren astrobiologischen Untersuchungen der uns am nächsten liegenden Planetensysteme eine Lösung bringen. Angesichts dessen müssen wir meines Erachtens alle Hoffnungen auf die sich gegenwärtig so stürmisch entwickelnde Biologie setzen. Ich denke dabei an eine Modellierung der seinerzeit auf der Erde bestehenden Bedingungen (übrigens ist unser Wissen von diesen Bedingungen noch völlig unzureichend) und an den Versuch, unter solchen Bedingungen künstlich Leben hervorzurufen. Wenn dieses Problem experimentell gelöst sein wird, kann man die Größe P_2 vernünftigt bewerten.

Die Größe P_2 kann also innerhalb weitester Grenzen liegen. Sie kann verschwindend klein sein (wenn das Leben auf der Erde zufällig entstanden ist) – das ist die „pessimistische“ Variante. Aber nach der „optimistischen“ Variante kann sie nahezu Eins sein, eben dann, wenn das Leben auf Planeten vom Typ der Erde mit Notwendigkeit entsteht. Mehr können wir heute nicht sagen.

Gehen wir jetzt zur Bewertung der Größe P_3 über. Hier stehen wir meines Erachtens vor einem weniger schwierigen Problem. Ein allgemeines Gesetz sowohl der nichtlebenden Natur (des Weltalls) wie auch der lebenden Natur (des Lebens auf der Erde) ist die Entwicklung vom Einfachen zum Komplizierten. Diese Entwicklung verläuft dialektisch: Quantitative Veränderungen führen zu qualitativ neuen Formen der sich bewegenden Materie. Daher ist es nicht verwunderlich, daß in einer bestimmten Evolutionsetappe des Lebens auf der Erde Wesen entstanden, die primitive Arbeitswerkzeuge und Jagdwaffen als Mittel im Existenzkampf nutzten. Die weitere Entwicklung dieser Gattung, ihre allmähliche Befreiung vom rein biologischen Evolutionsweg führte dazu, daß sich auf der Erde vernunftbegabte Wesen herausbildeten. Ich möchte daher dem Symbol P_3 einen Wert zuordnen, der nahe bei Eins liegt. Natürlich ist das eine „subjektive Wahrscheinlichkeit“.

Weitaus schwieriger ist es, die Größe P_4 zu bestimmen. Es besteht Grund zu der Annahme, daß sie nicht sehr groß sein kann. In der Tat: Ist denn der technologische Entwicklungsweg der Zivilisation so sehr unvermeidlich? Die moderne Wissenschaft, die sich auf das Studium und die Beherrschung der Natur gründet, besteht erst etwas mehr als 350 Jahre (am Anfang dieses Prozesses steht Galilei, der als erster das Geheimnis der mechanischen Bewegung erkannte). Zum „Überleben“ der Gattung ist die technologische Ära der Entwicklung der Zivilisation keineswegs obligatorisch. Im Gegenteil, sie kann sogar gefährlich sein. Denken wir nur an das gegenwärtig so akute Problem des Umweltschutzes, das nur auf dem technologischen Entwicklungsweg der Gesellschaft entstehen konnte. Daß die technologische Ära keineswegs unvermeidlich ist, kann man am Beispiel der antiken Sklavenhaltergesellschaft erkennen. Die Wissenschaft jener Zeit war dicht bis an die Erfindung der Dampfmaschine herangekommen. Aber die objektiven Umstände, vor allem die Sklavenhalterordnung, verhinderten den Eintritt einer technologischen Entwicklung, schoben ihn um anderthalb Jahrtausende hinaus. Ein anderes Beispiel ist die Geschichte Chinas. Man kann sagen, daß sich die Zivilisation Chinas im Verlauf von Jahrhunderten für zu vollkommen hielt, als daß sie sich entwickelt hätte!

Ich möchte unterstreichen, daß eine Gesellschaft, die sich auf dem nichttechnologischen Entwicklungsweg bewegt, keineswegs als rückständig und primitiv anzusehen ist. Die Kultur einer solchen Gesellschaft kann höchste Stufen erreichen. Denken wir an die chinesische Kunst der Tan-Epoche oder an die Kunst des feudalen Japans. Die Sitten können überaus entwickelt sein, die Literatur kann Meisterwerke hervorbringen, und dennoch gibt es keine Entwicklung in dem Sinne, wie wir sie in den technologisch entwickelten Gesellschaften beobachten. Natürlich wird sich in einer solchen Gesellschaft eine Evolution vollziehen, es wird auch revolutionäre Sprünge geben, die durch Klassenwider-

sprüche bedingt sind; für uns aber ist wichtig, daß die Interessen dieser Gesellschaft und die vor ihr stehenden Aufgaben sich grundlegend von den Interessen der technologisch entwickelten Gesellschaft unterscheiden. Bemerkte sei noch, daß auch eine klassenlose Gesellschaft nicht den technologischen Entwicklungsweg einschlagen muß.

Diese sehr interessanten Fragen müßten von den marxistischen Philosophen unter schöpferischer Anwendung der dialektischen Methode analysiert werden. Ich meine, diese Fragen haben nicht nur für das Problem der außerirdischen Zivilisationen Bedeutung.

Wir wissen also keineswegs mit Sicherheit, ob die technologische Entwicklungsetappe des vernunftbegabten Lebens unvermeidlich ist. Die Größe P_4 ist also offensichtlich kleiner als Eins. Aber dennoch, das sagt uns unsere Institution, kann P_4 nicht verschwindend klein sein. Auf jeden Fall ist die Unbestimmtheit der Größe P_2 bedeutend größer. Berücksichtigt man den Näherungscharakter unserer Bewertungen, dann kann man P_4 allerdings durchaus gleich Eins annehmen.

Wir kommen jetzt zu einem äußerst wichtigen Problem – zur Bewertung der Größe t_1 – der „Zeitskala“ einer technisch entwickelten und sich weiterentwickelnden Zivilisation. Diese Größe ist neben P_2 entscheidend für die Bestimmung der Menge der hochentwickelten Zivilisationen, die in der Galaxis gleichzeitig mit uns existieren. Zugleich muß der Wert von t_1 irgendwie mit dem wissenschaftlich-technischen Potential der Zivilisation, mit ihrer Fähigkeit zur radikalen Umwandlung unserer kosmischen Umgebung verbunden sein. Soviel ist klar, wenn t_1 groß ist, kann dieses Potential einen sehr hohen Wert annehmen. Bekanntlich ist in den letzten drei Jahrhunderten eine solche wichtige Charakteristik des wissenschaftlich-technischen Potentials der Gesellschaft wie die Energieerzeugung nach dem Exponentialgesetz gewachsen. Das „explosive“ Wachstum des wissenschaftlich-technischen Potentials macht unsere Gesellschaft in den nächsten Jahrhunderten und vielleicht sogar Jahrzehnten zweifellos zu einem *kosmischen Faktor*. Die ersten, wenngleich zaghaften Schritte in dieser Richtung hat die Menschheit bereits getan. Beispielsweise hat die Entwicklung des *Fernsehens* im Erdmaßstab zu einem unerwarteten Ergebnis geführt: Die Radiowellen des Meterbereichs, die im wesentlichen bei Fernsehübertragungen verwendet werden, werden nicht von der Ionosphäre der Erde reflektiert, sondern dringen ungehindert in den Weltraum. Berücksichtigt man die Menge der auf der Erde vorhandenen Fernsehübertragungsanlagen, ihre Sonderleistung und Sendedauer, so ergibt sich, daß die Erde im Meterwellenbereich etwa millionenmal soviel Energie ausstrahlt als auf natürlichem Wege, d. h. als ein Körper mit einer Temperatur im Bereich um 300 Grad Kelvin. Über dieses Beispiel sollte man nachdenken. Die Tätigkeit der vernunftbegabten Wesen hat innerhalb weniger Jahre die Erde hinsichtlich ihrer Strahlungsenergie im Meterbereich auf den ersten Platz unter den Planeten vorrücken lassen. In dieser Hinsicht hat die Erde die Riesenplaneten Jupiter und Saturn überholt und steht sie (vorläufig!) nur noch hinter der Sonne zurück. Aber was wird nach einigen Jahrhunderten sein?

Schon bei den ersten Schritten in den erdnahen Weltraum demonstrierte die Menschheit ihren aktiven, umgestaltenden Charakter. Milliarden Jahre bewegte sich um die Erde ein einziger Satellit – der Mond. Aber wieviel Hunderte (vielleicht auch Tausende) künstliche Satelliten umkreisen jetzt die Erde? Bereits heute beginnt der Mensch den „Generalplan“ des Sonnensystems zu verändern. Zu den beiden natürlichen Satelliten des Mars kamen zwei künstliche hinzu. Allerdings werden sie nicht lange existieren und recht bald auf die Oberfläche des roten Planeten stürzen. Aber, wie es heißt, aller Anfang ist schwer. Bald wird es künstliche Satelliten der Venus geben, und danach werden auch die großen Planeten an der Reihe sein.

Kaum sind die Menschen in den erdnahen Weltraum vorgestoßen, entwickeln sie sofort kühne, auf den ersten Blick phantastisch anmutende Projekte. Dazu gehört beispielsweise das Projekt der Umwandlung der Atmosphäre der Venus durch Hinschleppen von Wasserstoff und Chlor, das Projekt der „Verlagerung“ von Asteroiden usw. Für eine fernere Zukunft werden noch kühnere Projekte aufgestellt, beispielsweise das Projekt von Dyson zur Schaffung einer gewaltigen Sphäre um die Sonne mit einem Radius von einer astronomischen Einheit, und zwar unter Ausnutzung des Materials der großen Planeten. Nach Ansicht von Dyson kann sich die Menschheit, für die die Erde bald zu eng sein wird, in dieser Sphäre ansiedeln. Nebenbei sei bemerkt, daß lange vor Dyson K. E. Ziolkowski ähnliche Ideen entwickelt hat.

Gegenwärtig entsteht der Eindruck, daß das wissenschaftlich-technische Potential, wenn es sich vielleicht auch nicht im beschleunigten, so doch im bisherigen Tempo weiterentwickelt, einen beliebig großen Wert annehmen kann. Aber ist das so? Es ist bereits ein Fehler, das gegenwärtige Wachstumstempo der Produktivkräfte und des wissenschaftlich-technischen Potentials über weite Zeiträume zu extrapolieren. Unsere Epoche ist eher eine Übergangszeit, nach der eine mehr oder weniger gleichbleibende Entwicklung einsetzt. Man könnte als Analogie die gegenwärtige „demographische Explosion“ in den Entwicklungsländern anführen. Zweifellos wird nach einigen Jahrzehnten das sprunghafte rasche Wachstum der Bevölkerung in diesen Ländern aufhören, und die Bevölkerungs-

zahl wird sich stabilisieren. Man könnte auch ein Beispiel aus einem unserem Thema näher liegenden Bereich anführen. Es ist durchaus möglich, daß der Flug von Apollo 17 Ende 1972 die letzte Mondreise von Menschen im 20. Jahrhundert war. Solche Unternehmen sind zu teuer, und selbst ein ökonomisch so mächtiges Land wie die USA kann derartig gewaltige Ausgaben nicht lange tragen. Hinzu kommt, daß die akuten Konflikte im Leben der amerikanischen Gesellschaft nachdrücklich mehr Aufmerksamkeit für die „irdischen“ Probleme fordern.

Aber wenngleich im Prozeß der unbegrenzten Expansion der Vernunft notwendigerweise Pausen eintreten, kann dennoch die Haupttendenz – die immer stärkere Eroberung des Weltraums – andauern. Die Entwicklung der Gesellschaft könnte aber auch völlig andere Interessen hervorrufen, wodurch das Interesse an der Eroberung des Weltalls verlorengehen würde.

Wir gelangen somit zu der Überzeugung, daß das Problem der außerirdischen Zivilisation und der Kontaktaufnahme mit ihnen weitgehend ein futurologisches Problem ist. Es handelt sich um Prognosen der Hauptentwicklungstendenzen der Gesellschaft, vor allem der klassenlosen Gesellschaft um einige Jahrhunderte voraus. Marx und Engels haben keine solchen weitreichenden Prognosen aufgestellt; sie hatten aktuellere Probleme zu lösen. Heute, nach vielen Jahrzehnten, hat sich die Lage radikal geändert. Auf unserem Planeten gibt es bereits ein sozialistisches Weltsystem. Natürlich ist der Weg zum Sieg der kommunistischen Lebensweise auf der ganzen Erde noch lang und schwierig. Dennoch kann man schon jetzt, wenn auch nur in allgemeiner Form, die Hauptetappen der künftigen Entwicklung der kommunistischen Gesellschaft auf der Erde abstecken. Diese Gesellschaft kann nichts Unveränderliches sein; sie wird sich unvermeidlich entwickeln, denn andernfalls würde sie degenerieren und untergehen.

Die marxistische Untersuchung solcher Fragen wäre sehr wichtig, und zwar nicht nur im Hinblick auf das von uns erörterte Problem. Indes beschäftigen wir uns mit diesen Fragen nicht gründlich genug. Die Klassiker des Marxismus waren so kühn, ein Jahrhundert vorauszublicken, sie sahen darin den Sinn ihres Lebens und Handelns. Mögen sie unseren Philosophen, die sich diesem nicht leichten, ja undankbaren Problem zuzuwenden wagen, als Beispiel dienen. Aber vorerst beschäftigen sich bei uns und im Ausland nur utopische Schriftsteller – Lem, Bradbury und einige weniger talentierte Leute – mit der Zukunft.

Auf welche Fragen sollte die marxistische Zukunftsforschung eine Antwort geben? Vor allem muß man den Konflikt, den Widerspruch zwischen der Tendenz zum unbegrenzten Wachstum der Produktivkräfte und des wissenschaftlich-technischen Potentials der Gesellschaft auf der einen und der Beschränktheit der Ressourcen der Erde auf der anderen Seite untersuchen, insbesondere im Zusammenhang mit der Notwendigkeit, der katastrophalen Zerstörung der Umwelt Einhalt zu gebieten. Bereits heute müssen hochentwickelte Länder auf des Messers Schneide balancieren, so daß dieses Problem schon gar nicht mehr so futurologisch ist. Man muß auch Klarheit in einer anderen Frage schaffen: Ist eine Entwicklung (nicht Stillstand, sondern *Entwicklung*) ohne quantitatives Wachstum der Produktivkräfte denkbar? Was heißt „qualitative“ und nur qualitative Entwicklung der Produktivkräfte der Gesellschaft? Heute ist die Ansicht recht verbreitet, eine solche Gesellschaft müsse unweigerlich degenerieren. Ist das wirklich so? Und noch eine Frage: Widerspricht die These von der Unvermeidlichkeit des Untergangs jeder Gesellschaft in mehr oder weniger ferner Zukunft den Leitsätzen der Philosophie des Marxismus? Engels war der einzige, der über diese Frage nachgedacht hat (siehe dazu die Einleitung zur „Dialektik der Natur“). Seine Antwort läuft darauf hinaus, daß hier kein Widerspruch vorliegt. Ich halte den Standpunkt von Engels für ein Musterbeispiel der Dialektik. Ebendeshalb hat die Größe t_1 in der Formel von Drake einen echten Sinn. Das ganze Problem besteht darin, wie groß t_1 ist.

Auf dem Symposium von Bjurakan über die außerirdischen Zivilisationen wurde von unseren amerikanischen Kollegen zu diesem Problem sehr viel gesagt. Die sowjetische Seite hat sich an dieser Diskussion nicht beteiligt. Leider waren in unserer Delegation keine Experten für diese Fragen vertreten. Die Amerikaner redeten viel von einem „verlorenen Interesse“ für die kosmische Expansion, über die Möglichkeit, auf der Erde in Zukunft ein „sorgloses“ und sich nicht mehr entwickelndes „goldenes Zeitalter“ zu errichten, ein „inneres Polynesien“ usw. Offensichtlich fehlt diesen mitunter recht interessanten Überlegungen die wissenschaftliche Grundlage. Sie müßten kritisiert werden. Aber wer kann dies sachkundig und konkret tun? Hier zeigte sich wieder einmal, wie wichtig es für die marxistischen Philosophen ist, Zukunftsprobleme zu durchdenken. Tun sie es nicht, überlassen wir diesen wichtigen ideologischen Bereich unseren Gegnern.

Ich gehe jetzt zur Bestimmung der Größe t_1 über. Die Auffassungen dazu kann man in zwei Gruppen einteilen.

Fortsetzung folgt

Auf den Spuren antiker Astronomen (II)

Dr. D. B. HERRMANN/Ing. E. ROTHENBERG

Zu den erstaunlichsten gedanklichen und meßtechnischen Leistungen der antiken Astronomen zählen die von ihnen entworfenen Vorstellungen über die Entfernungen der Himmelskörper. Bei der Einschätzung der diesbezüglichen Leistungen muß man davon ausgehen, daß die antike Astronomie auf dem geozentrischen Weltbild fußt und folglich auch nur die in diesem Rahmen möglichen exakten Aussagen zu erwarten waren. Mit anderen Worten: die Deutung der Planetenschleifen als parallaxischer Effekt – wie dies Copernicus richtig interpretierte – konnte im antiken geozentrischen Planetensystem gleichsam per definitionem nicht erfolgen.

Die ersten Entfernungsmessungen

Da die täglichen Parallaxen der Planeten unterhalb der Nachweisgrenze lagen, waren die antiken Astronomen gezwungen, Aussagen über die Planetendistanzen aus Überlegungen statt aus Messungen abzuleiten. Hierbei bedienten sie sich insbesondere eines Zusammenhanges, den Aristoteles als das „Gesetz der Reihenfolge“ bezeichnete. Danach rücken gleichschnell bewegte Körper scheinbar um so langsamer voran, je weiter sie vom Beobachter entfernt sind. Wendet man dieses Gesetz auf die Planeten an, so ergibt sich die Aufeinanderfolge der Abstände (Reihenfolge) entsprechend den beobachteten Winkelgeschwindigkeiten.

Das Resultat dieser Anwendung des Gesetzes von Aristoteles auf die verschiedenen Wandelsterne (unter die auch Mond und Sonne gerechnet wurden) wird von Ptolemaios mit folgenden Worten formuliert: „1. Alle Planetensphären befinden sich in größerer Erdnähe als die Fixsternsphäre, aber in größerer Erdferne als die Sphäre des Mondes. 2. Von den drei Sphären des Saturn, des Jupiter und des Mars, von denen die Sphäre des Saturn die größte und die des Jupiter nach der größeren Erdnähe hin die zweite ist, während die des Mars unter der des Jupiter liegt, befinden sich in größerer Erdferne als die übrigen Planetensphären und die Sonne“.

Eine Schwierigkeit ergab sich lediglich für die Bestimmung der Reihenfolge von Merkur und Venus, denn diese Planeten „pendeln“ bekanntlich um die Position der Sonne herum, so daß sie dieselbe mittlere scheinbare (Winkel-) Geschwindigkeit besitzen wie die Sonne selbst. Für eine Entscheidung in dieser Frage wurden verschiedene Vorschläge unterbreitet, von denen der des Ptolemaios besonders interessant ist, weil er die enge Beziehung zwischen naturwissenschaftlichen und philosophischen Vorstellungen in der Antike an einem Beispiel verdeutlicht: Ptolemaios ging bei der Lösung des Problems nämlich von der Annahme aus, daß „unterhalb“ der Sonne kein sinnvoller leerer Raum verbleiben solle. Er baute deshalb die beiden Planeten Merkur und Venus einschließlich der zur Beschreibung ihrer Bewegung erforderlichen Epizykel so ein, daß dieser Forderung genügt und die beobachtete Bewegung gleichzeitig wiedergegeben wurde. Als Reihenfolge aller Planeten ergab sich dann: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und schließlich die Fixsternsphäre.

Doch neben diesen spekulativ begründeten Aussagen über die Anordnung der Himmelskörper gab es auch eine Reihe von Versuchen, unmittelbar aus Messungen auf Distanzen zu schließen. In diesem Zusammenhang verdient vor allem die Bestimmung des Verhältnisses der Entfernungen Erde-Sonne zu Erde-Mond durch Aristarch von Samos (um —310 bis um —230) Erwähnung, auf die wir im 2. Teil dieses Beitrages im Zusammenhang mit einer von uns unternommenen Übung zu dieser Messung noch näher eingehen werden. Aristarch, wegen seines Ansatzes eines heliozentrischen Welt-systems auch als „Copernicus der Antike“ bezeichnet, hatte den originellen Einfall, ein Bewegungsproblem in einer ganz bestimmten Stellung zu fixieren und auf dieses Momentbild dann die Gesetze der Trigonometrie anzuwenden. Bei seinen Überlegungen ging Aristarch davon aus, daß sich die Bestimmungstücke des Dreiecks Erde-Mond-Sonne genau dann ermitteln lassen, wenn der Mond im ersten oder letzten Viertel steht. Für diesen – und nur für diesen Fall ist nämlich der Winkel am Mond zu 90° bekannt. Mißt man genau zu diesem Zeitpunkt den Winkel zwischen Mond und Sonne, so kann das Dreieck bestimmt und die relativen Entfernungen von Sonne und Mond (beispielsweise in Einheiten der Mondentfernung) berechnet werden. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, gilt für diesen Fall

$$\cos \alpha = AC/AB \text{ (in moderner Schreibweise).}$$

Die Überlegung von Aristarch ist vollkommen zutreffend, begegnet aber in der praktischen Durchführung zwei Schwierigkeiten: 1. Größere Ungenauigkeiten in der Messung des Winkels α ließen sich beim damaligen Stand der Meßtechnik nicht vermeiden, 2. Der genaue Zeitpunkt des ersten oder letzten Viertels des Mondes ist durch Beobachtungen nur mangelhaft zu bestimmen gewesen.

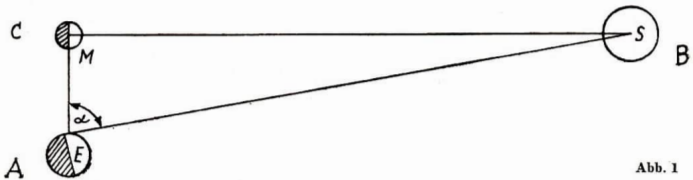


Abb. 1

Wegen der raschen Bewegung des Mondes wirken sich Abweichungen der Messungen vom exakten Zeitpunkt des Viertels recht drastisch auf das Ergebnis aus. Aristarch ermittelte den Wert des Winkels α daher nur angenähert richtig, nämlich zu 87° , während er tatsächlich $89^\circ 51'$ beträgt. Für die Sonnenentfernung in Einheiten der Mondentfernung erhielt Aristarch folglich den viel zu kleinen Wert 19 statt etwa 390. Jedoch sollte man über den Fehler der Messung nicht ihren großartigen Ansatz vergessen, der den Menschen zum erstenmal messend in den kosmischen Raum hinausführte und der somit den Beginn jenes langen und konsequenten Weges der Astronomie markiert, der uns gegenwärtig bis in die Tiefen der Metagalaxis hinausführt.

Von philosophischem Interesse ist die Selbstverständlichkeit, mit der Aristarch die Gesetze der Geometrie auch für den außerirdischen Raum als gültig annimmt. In dieser Hinsicht erinnert sein Vorgehen an spätere große Triumphe des Gedankens von der materiellen Einheit der Welt bei Newton (Gravitationsgesetz) oder Kirchhoff und Bunsen (Verteilung der chemischen Elemente im Universum). Außer Aristarch gab es in der Antike noch manchen weiteren Versuch, die Entfernungen von Himmelskörpern zu bestimmen; zwangsläufig war der Mond als nächster der „Wandelsterne“ dafür am besten geeignet. Seine Äquatorial-Horizontalparallaxe beträgt in mittlerer Entfernung $57' 2,06''$! Die Genauigkeit von Positionsangaben betrug in der Antike etwa $20'$.

Die erste zuverlässige Bestimmung der Mondentfernung stammt von Hipparch (um —190 bis um —120). Er unternahm allerdings keine klassische Parallaxenmessung. Vielmehr ging er von einigen Erkenntnissen im Zusammenhang mit Verfinsterungen des Mondes aus und leitete daraus die Mondentfernung auf folgende Weise ab (Siehe Abb. 2): S, E und M seien die drei Himmelskörper Sonne, Erde und Mond. Die Tangenten an Sonne und Erde geben rechts im Bild den Bereich des Kernschattens der Erde an. Die Winkel $\pi_\odot$ und $\pi_\oplus$ sind die maximalen täglichen Parallaxen von Sonne bzw. Mond. ϱ bedeutet den scheinbaren Sonnendurchmesser und σ den Halbmesser des Erdschattens in der Entfernung des Mondes. Aus der Zeichnung liest man unmittelbar ab, daß die beiden Gleichungen

$$\pi_\odot + \pi_\oplus + \zeta = 180^\circ \quad \text{und} \quad \varrho + \sigma + \zeta = 180^\circ$$

erfüllt sein müssen. Diese Beziehungen lassen sich zusammenfassen zu $\pi_\odot + \pi_\oplus = \sigma + \varrho$. Sind nun $\pi_\odot$, ϱ und σ bekannt, so kann $\pi_\oplus$ bestimmt werden. Hipparch nahm für den bereits erwähnten und von Aristarch abgeleiteten Wert von $\pi_\oplus/\pi_\odot$ an, während er für ϱ in Übereinstimmung mit einer Messung des Archimedes $\varrho = 15'$ einsetzte. Den erforderlichen Wert für den Erdschattendurchmesser in Mondentfernung leitete er aus der Winkelgeschwindigkeit des Mondes in Verbindung mit der Dauer zentraler Mondfinsternisse ab: die Bewegung des Mondes auf seiner Bahn erfolgt entgegen der täglichen (scheinbaren) Himmelsdrehung mit einer Winkelgeschwindigkeit von $30'5''/\text{h}$. Bei einer zentralen Finsternis benötigt der Mondmittelpunkt $2^{\text{h}}40^{\text{m}}$ für das Durchmessen des Erdschattens. Folglich muß der Durchmesser des Erdschattens in Mondentfernung $30'5'' \cdot 8/3$ betragen ($2^{\text{h}}40^{\text{m}} = 8/3$ Stunden). Unter Anwendung einer speziellen Näherungsrechnung leitete Hipparch nun für die Entfernung des Mondes (in Einheiten des Erdradius) den Wert von $ME = 59^{\text{r}}$ ab, der mit dem modernen Wert der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde ($60,4^{\text{r}}$) ausgezeichnet übereinstimmt. Übrigens hat später auch Ptolemaios nach anderen Methoden das Resultat von Hipparch bestätigt.

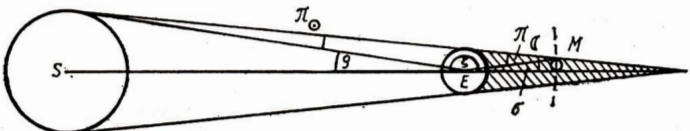


Abb. 2

Kommen wir nun noch einmal auf das Problem der Planetenreihenfolge und dessen Lösung durch Ptolemaios zurück: wendet man das „Prinzip des nichtleeren sinnlosen Raums“ auf das gesamte Planetensystem an und schachtelt alle Bahnen mit den dazugehörigen Epizykeln unter Verwendung der in der Antike angenommenen Werte für die Entfernungen von Sonne und Mond so ineinander, daß kein „sinnloser“ leerer Raum verbleibt, so lassen sich die Dimensionen des Systems bis zur „Saturnsphäre“ bestimmen. Dies hat der berühmte arabische Gelehrte Al-Biruni (972 bis 1048) getan und dabei für den Abstand der Saturnsphäre vom Weltmittelpunkt (Erde) einen Wert von 19696^r erhalten.

Doch nun wollen wir uns wieder selbst auf die Spuren der antiken Astronomen begeben und dabei insbesondere dem genialen Aristarch von Samos folgen.



Abb. 3

Eine praktische Übung

Zur Bestimmung des Winkelsabstandes des Mondes von der Sonne im ersten und letzten Viertel benötigen wir ein Meßgerät, das in der Ebene des Großkreises arbeiten kann, der durch Sonne und Mond hindurch geht. Die praktische Ausführung eines solchen Gerätes ist auf Abb. 3 zu sehen. Zwei Holzleisten sind an einem Ende miteinander drehbar verbunden. Während des Meßvorgangs wird die eine Leiste auf die Sonne, die andere auf den Mond ausgerichtet und dann der Winkel zwischen den beiden Leisten bestimmt. Die folgenden Hinweise sollen den Nachbau des einfachen praktikablen Gerätes gestatten.

Eine kräftige Holzleiste, 18 mm dick, etwa 35 mm breit mit einer Länge von etwa 1000 mm ist über einen einfachen Kinokopf auf einem Fotostativ befestigt. Das Dreibeinstativ gestattet in Verbindung mit dem Kinokopf die Einstellung dieser Leiste in jede beliebige Richtung. An dieser Leiste ist am Ende eine weitere, jedoch wesentlich leichtere Leiste über eine M 5-Schraube drehbar befestigt. Über diese zweite Leiste wird später der Mond anvisiert. Auch diese Visierleiste darf sich natürlich nicht merklich durchbiegen. Eine Tapetenleiste von etwa 1000 mm Länge (20 mm breit) erfüllt diesen Zweck, wenn sie auf dem größeren Teil ihrer Länge durch eine hochkant befestigte weitere dünne Leiste versteift wird. Damit diese Leisten auf Sonne und Mond genau ausgerichtet werden können, bringen wir entsprechende Visuren an. Vom gemeinsamen Drehpunkt der beiden Leisten müssen Sonne und Mond gleichzeitig anvisiert werden können. Dazu ist auf dem Bolzenkopf ein Winkel aus Messingblech zentral aufgelötet (Abb. 4), der eine kleine Bohrung enthält. Am vorderen Ende der „Mondleiste“ ist ein weiteres Stück Blech mit einer senkrechten Kante befestigt. Auch die „Sonnenleiste“ trägt an ihrem vorderen Ende eine kleine Blechscheibe mit einer 2-mm-Bohrung. Diese Bohrung ist in der gleichen Höhe angebracht wie die am Drehpunkt der beiden Leisten.

Damit ist unser Meßgerät fertig, für die Ausführung der Messung sind jedoch noch einige andere Voraussetzungen notwendig:

1. Der Mond muß im ersten oder letzten Viertel stehen.
2. Mond und Sonne müssen zu dieser Zeit über dem Horizont stehen.
3. Die Sichtbedingungen müssen ausreichend sein, damit der Mond am Tageshimmel gut gesehen werden kann.

Durch die verschiedenen Verstellmöglichkeiten des Dreibeinstativs und des Kinokopfes gelingt es relativ einfach, die beiden Visierleisten in die Ebene des Großkreises durch Sonne und Mond zu bringen. Vorteilhafterweise kann man auch noch versuchen, gleichzeitig eine Achse des Kinokopfes etwa in Richtung Himmelsnordpol auszurichten. Im Idealfall wird die Messung genau zum Zeitpunkt des ersten oder letzten Viertels des Mondes gemacht. Eine Leiste wird auf die Sonne gerichtet, durch die Bohrung am vorderen Ende fällt das Sonnenlicht. Am Ende der Leiste entsteht ein Sonnenbild ähnlich wie in einer Lochkamera. Das Gerät wird so eingerichtet, daß die Mitte dieses Sonnenbildes auf den Visierwinkel am Drehpunkt der beiden Leisten fällt. Zur einfachen Beobachtung dieser Bedingung ist der Visierwinkel entsprechend gestaltet.

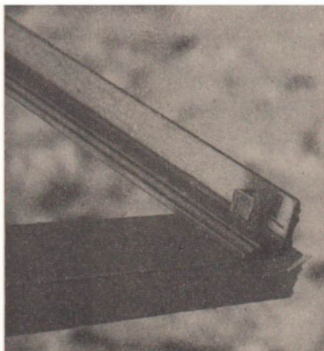


Abb. 4



Abb. 5

Durch die Bohrung des Visierwinkels blickt ein zweiter Beobachter über der „Mondleiste“ gleichzeitig zum Mond. Die „Mondleiste“ wird nun so eingerichtet, daß die Mitte des Mondes (in diesem Falle der Terminator) mit der senkrechten Kante des vorderen Visierbleches übereinstimmt. Ist das geschehen, wird der Winkel zwischen beiden Visierleisten bestimmt. (Da die Anbringung einer Winkelskala zwischen den beiden Leisten reichlich aufwendig wird und an die Genauigkeit der Konstruktion dann auch hohe Anforderungen gestellt werden müssen, wird hier darauf verzichtet.) Wir messen vielmehr mit einem Metallbandmaß den Abstand der beiden vorderen Visiereinrichtungen an den Leisten voneinander. Der gesuchte Winkel zwischen Sonne und Mond ergibt sich dann mit Hilfe des Kosinussatzes aus dem gemessenen Abstand und den bereits von der Konstruktion her bekannten Seiten auf den Visierleisten. Das alles erscheint in der Beschreibung recht kompliziert, die ganze Einrichtung ist auch etwas wackelig. Eine Erprobung am 8. Februar 1976 zeigte jedoch, daß die Handhabung durch zwei Beobachter (Abb. 5) zu brauchbaren Resultaten führt.

Wir erhielten aus sechs Einzelmessungen – gewonnen in einem Zeitraum von 20 Minuten um die Zeit des ersten Viertels – reduziert auf den Zeitpunkt des ersten Viertels

1976 Februar 8 11^h05^m MEZ, Längendifferenz Sonne-Mond $\Delta l = 90^\circ 26 \pm 0^\circ 4$

Die Sichtbedingungen am Beobachtungstag waren allerdings sehr schlecht, der mittlere Fehler des Mittelwertes wird sicherlich unter günstigeren Bedingungen kleiner ausfallen.

Hiermit haben wir nun aber keineswegs die Messung des Aristarch wiederholt. Wir hatten vielmehr den Zeitpunkt des ersten Viertels einem astronomischen Jahrbuch entnommen und dann den Winkelabstand des Mondes von der Sonne gemessen. Definitionsgemäß steht der Mond im ersten Viertel, wenn die Längendifferenz zwischen Mond und Sonne 90° beträgt. Das ist aber nicht gleichbedeutend mit dem Zeitpunkt der Dichotomie! Diese tritt vielmehr ein, wenn der Winkel Erde-Mond-Sonne 90° beträgt. Nur dann gilt auch die Überlegung des Aristarch, und wir können aus den gemessenen Winkeln Mond-Erde-Sonne zum Zeitpunkt der Dichotomie das Verhältnis der Entfernung Mond/Sonne berechnen.

Ermitteln wir aus den bekannten modernen Werten für die Entfernung des Mondes und der Sonne das entsprechende Verhältnis, so erhalten wir $1/389$, der entsprechende Winkel ist $89^\circ 51'$. Unter Berücksichtigung der mittleren synodischen Umlaufzeit des Mondes ergibt sich aus diesem Wert für die Dichotomie in der zunehmenden Phase der Zeitpunkt 17 Minuten vor dem ersten Viertel. Letztendes zeigen diese Überlegungen im Zusammenhang mit der relativ hohen Genauigkeit der praktischen Messung (Sollwert: $90^\circ 00'$) folgendes Endergebnis: die größte Fehlerquelle bei der Bestimmung des Verhältnisses der Entfernung Mond/Sonne nach Aristarch liegt zweifellos in der Feststellung des Zeitpunktes der Dichotomie des Mondes.

Literatur:

Ahnert, P.: Die Bestimmung des astronomischen Grundmaßes: des Abstandes Sonne-Erde. Kalender für Sternfreunde 1963, S. 143ff. Ehlers, D.: Das Problem und das Gesetz der Reihenfolge in der Entwicklung der Astronomie bis Copernicus. NTM-Schriftenreihe f. Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 13 (1976), im Druck. Heath, Th.: Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus. Oxford 1913.

Phasenbeobachtungen der Venus vor und nach der unteren Konjunktion 1975

Dr. PAUL AHNERT

Alle Beobachtungen sind Tagesbeobachtungen – Sonne gleichzeitig über dem Horizont – so daß Überstrahlungen vermieden wurden. Wie bei den früheren Konjunktionen wurde wieder direkt am Okular der Defekt bzw. der Überschuß q gegenüber der Halbmondphase geschätzt, nicht über den Umweg über eine Zeichnung mit nachträglicher Ausmessung. Die Schätzungen erfolgten verschieden, teils sofort in Dezimalteilen des Radius r (z. B. 0.135 r), teils in Form eines gemeinen Bruches mit variablem Nenner (z. B. 1/7.2 r , 1/7.5 r) oder variablem Zähler (z. B. 1.2/4 r , 1.1/4 r). Durch dieses im Wechsel angewandte Verfahren sollte eine mögliche Voreingenommenheit durch die Erinnerung an die letzten vorhergehenden Beobachtungen vermieden oder wenigstens verringert werden.

Die hier mitgeteilten Werte des beleuchteten Teils k ($k = 1 \pm q/2$ und des Phasenwinkels i ($q = \sin i'$, $i = 90^\circ \pm i'$) sind Mittel aus je 6 Beobachtungen ohne Filter, mit den 2 mm dicken Schottfiltern OG 4 (gelb) und VG 5 (grün) mit dem linken und mit dem rechten Auge. Die Streuung dieser 6 Einzelschätzungen gegen ihre Mittel beträgt nur für $k \pm 0,0033$, für $i \pm 0^\circ 35$.

Außerdem wurden noch Schätzungen mit den Filtern Schott RG 1 (rot, 1 mm), Schott BG 23 (blau, 2 mm), Wratten 29 (rot, Folie) und Wratten 80 B (blau, Folie) vorgenommen.

Die Beobachtungen reichen von der unteren Konjunktion von den gerechneten (geometrischen) Werten von $k = 0.670$ bis $k = 0.207$, nach der Konjunktion von $k = 0.122$ bis $k = 0.675$. In den Tabellen 1 und 2 sind nur die für die Ableitung der Zeiten der Dichotomie benutzten Beobachtungen bei $k > 0.350$ bis $k < 0.650$ gegeben.

Da die Phase wegen der Abnahme der Flächenhelligkeit nahe der Lichtgränze in der Regel zu schmal geschätzt wird, geben die Beobachtungen die Zeitpunkte der Halbmondphase (Dichotomie) vor der unteren Konjunktion zu früh, nach der Konjunktion zu spät. Dieser von Schröter Ende des 18. Jahrhunderts zuerst bemerkte Effekt ist abhängig von Instrument und Vergrößerung, Helligkeit des Himmelshintergrundes (Tages- oder Dämmerungsbeobachtungen) und meteorologischen und physiologischen Bedingungen. Er liegt im allgemeinen bei $\pm 4^d$ bis $\pm 10^d$.

Das Auftreten absolut höherer Werte der B–R in der Nähe der Dichotomie konnte bei allen hier seit 1967 beobachteten Erscheinungen festgestellt werden. Ordnet man die absoluten B–R–Werte nach den Phasenwinkeln, so ergeben sich folgende Mittelwerte:

$i = 70^\circ \dots 85^\circ$	B–R = 2433	$n = 55$
$i = 85^\circ \dots 95^\circ$	B–R = 3445	$n = 51$
$i = 95^\circ \dots 110^\circ$	B–R = 2445	$n = 67$

Dieser Effekt ist offenbar physiologisch bedingt.

Mit den relativ dunklen Rot- und Blaufiltern wurde die Phase im Durchschnitt kleiner geschätzt als mit den hellen Gelb- und Grünfiltern. Infolgedessen weichen auch die beobachteten Zeiten der Dichotomie stärker von den berechneten ab.

Tabelle 1

1975	k	B-R _k	i	B-R _i	
Mai	18.6	0.633	−0.014	74 ⁵	+1 ⁶
	20.6	0.610	−0.028	77 ³	+3 ³
	21.6	0.6195	−0.014	76 ²	+1 ⁷
	22.6	0.623	−0.006	75 ⁸	+1 ⁷
Juni	1.6	0.580	−0.004	80 ⁸	+0 ⁵
	5.6	0.544	−0.020	84 ⁹	+2 ²
	6.6	0.538	−0.021	85 ⁷	+2 ⁴
	7.6	0.512	−0.042	88 ⁶	+4 ⁸
	8.6	0.520	−0.029	87 ⁷	+3 ³
	13.6	0.487	−0.035	91 ⁵	+4 ¹
	19.6	0.459	−0.030	94 ⁸	+3 ⁶
26.6	0.429	−0.019	98 ¹	+2 ⁰	
Juli	4.6	0.364	−0.031	105 ⁸	+3 ⁷
	5.6	0.357	−0.030	106 ⁶	+3 ⁷
	8.6	0.351	−0.017	107 ⁰	+1 ⁶

Dichotomie Juni 12.7, B–R –4⁰

Tabelle 2

1975		k	B-R _k	i	B-R _i
Okt.	16.4	0.384	+0.012	103 ⁴	-1 ⁴
	23.4	0.414	-0.005	99 ⁸	+0 ⁴
	24.4	0.405	-0.020	100 ⁹	+2 ³
	27.4	0.430	-0.014	98 ¹	+1 ⁷
	28.4	0.429	-0.021	98 ¹	+2 ³
	31.4	0.433	-0.034	97 ⁷	+3 ⁹
Nov.	1.4	0.436	-0.037	97 ³	+4.2
	3.4	0.447	-0.037	96 ¹	+4 ³
	8.4	0.464	-0.048	94 ¹	+5 ⁴
	21.4	0.561	-0.015	83 ⁰	+1 ⁷
	23.4	0.564	-0.021	82 ⁶	+2 ³
	24.4	0.571	-0.019	81 ⁸	+2 ¹
Dez.	9.4	0.646	-0.006	73 ⁰	+0 ⁸
Dichotomie Nov. 10.9, B-R +4 ⁷					

Dichotomie Nov. 10.9, B–R +4⁷

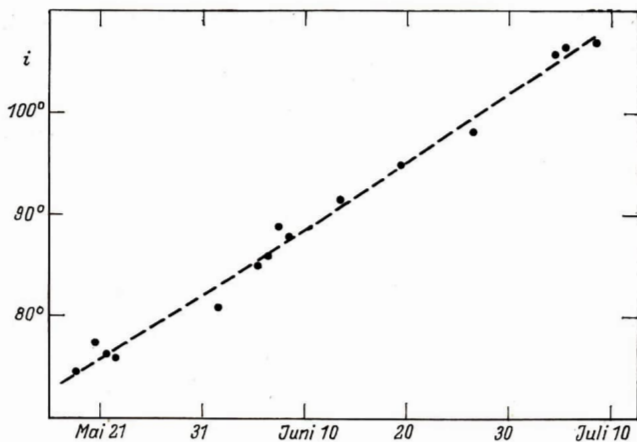


Diagramm 1
i vor der unteren Konjunktion

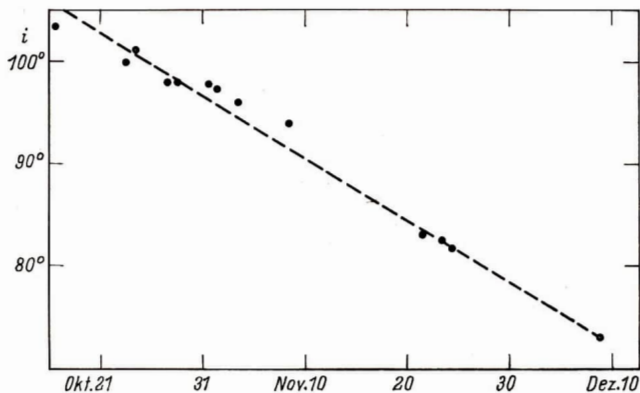
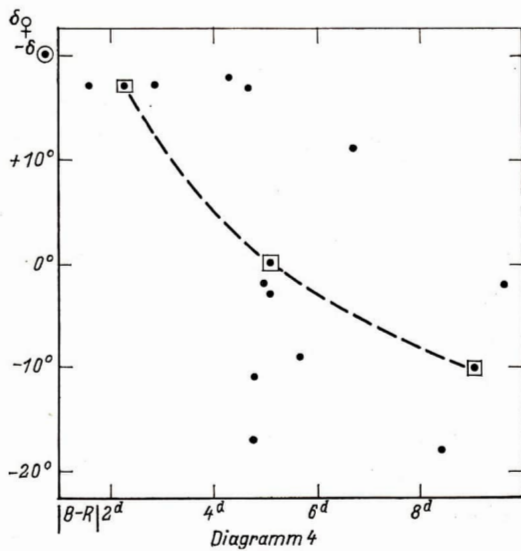
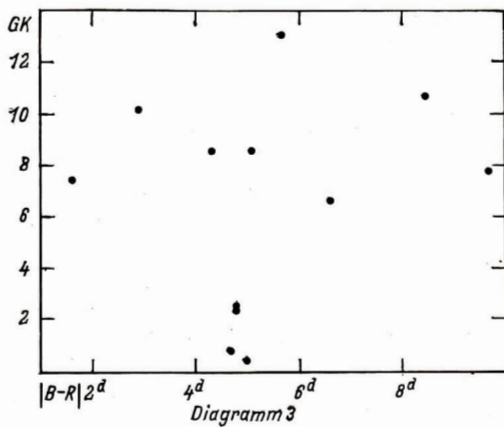


Diagramm 2
i nach der unteren Konjunktion



Dichotomien aus Rot- und Blaufilterbeobachtungen

Wratten 29 Juni 5.5	Wratten 80 B Juni 9.1	Wratten 29 Nov. 14.4	Wratten 80 B Nov. 12.5	Schott RG 1 Nov. 12.4	Schott BG 23 Nov. 12.0
------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------

Ich nehme an, daß diese Verkleinerung der beobachteten Phase durch die geringe Durchlässigkeit der verwendeten Filter und nicht durch ihre Farbe verursacht wird. Das Rotfilter von Wratten ist das auffällig dunkelste.

Zum Schluß gebe ich noch eine Zusammenstellung aller seit 1967 von mir beobachteten Dichotomien. Beobachtungsinstrumente waren ein 100/1000 mm und ein 80/800 mm Fernrohr, beide mit AS-Objektiven von C. Zeiss, Jena. Die Wahl der Instrumente und Vergrößerungen (von $100\times$ bis $200\times$) hatte keinen erkennbaren Einfluß auf die Resultate, wie mehrere Parallelbeobachtungen zeigten.

Tabelle 3

Venus-Dichotomien

1967 Juni 14.8, B-R = -541 $\delta_{\odot} = +20^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +23^{\circ}$ (8.5)	1967 Nov. 12.9, B-R = +493 $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$, $\delta_{\odot} = -18^{\circ}$ (8.5)
1969 Jan. 26.4, B-R = -249 $\delta_{\odot} = -2^{\circ}$, $\delta_{\odot} = -19^{\circ}$ (10.1)	1969 Juni 24.0, B-R = +547 $\delta_{\odot} = +14^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +23^{\circ}$ (13.0)
1970 Aug. 21.3, B-R = -845 $\delta_{\odot} = -6^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +12^{\circ}$ (10.6)	1971 Jan. 30.4, B-R = +947 $\delta_{\odot} = -20^{\circ}$, $\delta_{\odot} = -18^{\circ}$ (7.7)
1972 Apr. 8.0, B-R = -196 $\delta_{\odot} = +24^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +7^{\circ}$ (6.7)	1972 Sept. 2.4, B-R = +647 $\delta_{\odot} = +19^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +8^{\circ}$ (6.6)
1973 Nov. 8.0, B-R = -498 $\delta_{\odot} = -27^{\circ}$, $\delta_{\odot} = -16^{\circ}$ (2.3)	1974 Apr. 9.8, B-R = +498 $\delta_{\odot} = -9^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +8^{\circ}$ (2.4)
1975 Juni 12.0, B-R = -590 $\delta_{\odot} = +21^{\circ}$, $\delta_{\odot} = +23^{\circ}$ (0.3)	1975 Nov. 10.9, B-R = +447 $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$, $\delta_{\odot} = -17^{\circ}$ (0.7)
Mittel aller B-R = -446	Mittel aller B-R = +640

$\delta_{\odot}$ = Deklination der Venus, $\delta_{\odot}$ = Deklination der Sonne am Tag der Dichotomie.

Hinter $\delta_{\odot}$ steht in Klammern die mittlere Anzahl der Sonnenfleckengruppen für die beiden Sonnenrotationen, deren Wende dem Dichotomiedatum am nächsten liegt. Diagramm 3 zeigt, daß keine erkennbare Beziehung zwischen der Sonnentätigkeit und der Differenz zwischen beobachteter und wahrer Dichotomie besteht, was auch trotz einzelner Behauptungen (z. B. „Die Sterne 1966, S. 165) nicht zu erwarten ist. Dagegen läßt Diagramm 4 eine Beeinflussung der Größe der B-R durch die Stellung der Venus zur Sonne vermuten. Trägt man die Differenz $\delta_{\odot}$ minus $\delta_{\odot}$ gegen den absoluten Betrag der B-R auf und mittelt die in die B-R-Bereiche $1d...4d$, $4d...7d$ und $7d...10d$ fallenden Differenzen $\delta_{\odot} - \delta_{\odot}$, so zeigen diese Mittel ($\square$ im Diagramm) einen Gang in dem Sinne, daß die beobachtete Dichotomie um so näher an der wahren liegt, je höher die Deklination der Venus über derjenigen der Sonne liegt. Natürlich ist die Zahl der hier beobachteten Erscheinungen noch zu gering, als daß dieser an sich plausible Effekt als bewiesen gelten könnte. Er ließe sich dadurch erklären, daß die Phase der Venus bei relativ zur Sonne niedrigem Stand durch den größeren Luftweg und die höhere Hintergrundhelligkeit stärker beeinflußt wird, d. h. schmaler erscheint.

Aus Tabelle 3 läßt sich auch die Periode von 8 Jahren minus 2 bis 3 Tagen erkennen, in der genau 5 synodische Venusperioden ablaufen. Die erste und die letzte Zeile der Tabelle liegen um diese Periode auseinander, und tatsächlich sind alle Daten nahezu die gleichen.

Mitteilung des ZFA Astronomie

II. Zentrale Jugendtagung Astronomie 1977

Der Zentrale Fachausschuß Astronomie veranstaltet am 12. und 13. Februar 1977 die zweite zentrale Tagung junger Amateurastronomen. Die Tagung soll unter der Thematik stehen, „Amateure berichten für Amateure – Erfahrungen, Resultate, Perspektiven“ der Arbeit junger Sternfreunde. Interessenten bitten wir, uns Vorschläge für eventuelle Kurzreferate ihrer Amateurarbeiten zu unterbreiten. Bei der Programmgestaltung hoffen wir, auch dem schon etwas fortgeschrittenen Sternfreund gerecht zu werden. Teilnahmemeldungen und Vorschläge für eigene Berichte zu dieser wahrscheinlich in Leipzig stattfindenden Tagung sind bis 1. Januar 1977 zu richten an: Dr. Klaus Lindner, Vors. des ZFA Astronomie, 7024 Leipzig, Grunkestr. 7. Wir machen darauf aufmerksam, daß die Teilnahme auf eigene Kosten erfolgt.

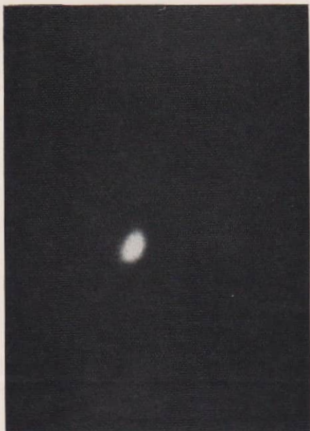


Abb. 1: Merkur am 25. April 1976.



Abb. 2: Merkur am 28. April 1976.

Zu den Beiträgen auf S. 115 und 116

Abb. 3: Feuerkugel, 4. August 1975, 15^h0 MEZ. Foto: M. Karrer.





Abb. 3: Merkur südlich der Plejaden am 28. April 1976. Zum Beitrag S. 115.



Komet 1975 n
 1976 März 5 von
 $4^{\text{h}}58^{\text{m}} - 5^{\text{h}}15^{\text{m}}$ MEZ;
 Astrokamera 60/270,
 Film NP 27;
 Schweiflänge etwa
 11° , größte Breite
 etwa $6'$.
 Foto: Karlheinz
 Müller



Komet West 1975 n, mit Praktika 3,5/135 am 5. 3. 1976 um 5^h00 MEZ auf NP 27; 5 Min. belichtet.
Foto: Martin Müller.

Der helle Stern in der Bildmitte ist ϵ Peg. Die Länge des Schweifes beträgt bis zur oberen Bildkante etwa 8 Grad. Visuell wurde eine Schweiflänge von rund 22 Grad beobachtet.

Amateure beobachten und berichten

Beobachtungen am projizierten Sonnenbild

Dr. MARTIN LEO

Wer als Amateur die Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche verfolgen will, sollte möglichst von vornherein auf direkte Beobachtungen verzichten. Diese bergen, auch bei der Verwendung von Dämpfvorrichtungen für das grelle Sonnenlicht, heimtückische Gefahren in sich. Darüber hinaus ist die Informationsdichte gegenüber projizierten Sonnenbildern von nach Wunsch einstellbarem Durchmesser erheblich geringer. Nach dieser Warnung soll beschrieben werden, wie man mit einfachsten Mitteln, beispielsweise mit einem Feldstecher 8×30 oder mit einer weit primitiveren Anordnung von zwei Sammellinsen, einer kurzbrennweitigen Lupe von 20–25 mm Brennweite (z. B. „Fadenzähler“, ein Fernrohrökular könnte Schaden leiden) und einem plankonvexen oder symmetrischem bikonvexen Brillenglas aus Urgroßmuttern Zeiten (die heute üblich gewordenen konvexkonkaven Gläser eignen sich nicht für diesen Zweck) Sonnenbilder projizieren und in ihren Einzelheiten vorteilhaft registrieren kann.

Zunächst sei an Hand einer schematischen Skizze (Abb. 1) die verwendete Apparatur in ihren Grundzügen beschrieben:

Das Instrument J mit einem ausreichenden Lichtschutz LS zur Fernhaltung von Nebenlicht ist auf einem nicht zu dicken (etwa 1 cm) Brett B 1 von etwa 120 cm Länge abnehmbar montiert, das mit einem anderen Brett B 2 von gleicher Größe durch ein Scharnier Sch verbunden ist. Senkrecht zu B 1 ist eine Stütze für die Projektionsfläche F in der Nähe von Sch angebracht. Letztere besteht aus einem postkartengroßen auswechselbaren Blatt mit quadratischer Einteilung von 5 mm Seitenlänge, auf dem ein Kreis von etwa 65 mm Durchmesser vorgezeichnet ist. Die Stütze St spreizt die Bretter B 1 und B 2, die möglichst eine rauhe (evtl. unbearbeitete) Oberfläche nach innen hin haben sollten, im erforderlichen Winkel auseinander. Sie ist rauh (z. B. Dachziegel oder dergleichen) und beweglich. Mit Gewichten (Ziegelsteine Z z. B.) wird die Apparatur auf die horizontale Unterlage gedrückt, auf der sie drehbar ist.

Die Länge des Brettes B 1 reicht aus, um das Instrument J so anzubringen, daß der auf F vorgezeichnete Kreis von dem entworfenen Sonnenbild genau ausgefüllt wird. Für eine Beobachtungsreihe behält J ständig die gleiche Entfernung von F. Selbstverständlich muß nun durch dauernde Änderung der Vertikal-Einstellung mittels der Stütze St und Horizontal-Drehung von B 2 das von J entworfene Sonnenbild immer erneut in den vorgezeichneten Kreis auf F eingestellt werden. Es gelingt dann leicht, innerhalb der Quadrate der Projektionsfläche F den genauen Ort und die Form irgendwelcher Gebilde auf der Sonnenoberfläche zeichnerisch festzulegen.

Wenn das Sonnenbild in den Kreis (Abb. 2) eingezeichnet ist, muß noch die Richtung bestimmt werden, in der sich dieses Bild auf der Projektionsfläche F bewegt. Die Apparatur wird zu diesem Zweck horizontal so gedreht und vertikal verstellt, daß das Sonnenbild neben dem vorgezeichneten Kreis steht und nach einiger Zeit über ihn hinweggelaufen ist. Während dieser Zeit wird die Bahn eines Sonnenflecks (oder mehrerer gleichzeitig) mit Bleistift alle Augenblicke auf F markiert. Die Bleistiftpunkte liegen dann auf parallel nebeneinander her laufenden geraden Linien. Die Parallele zu diesen

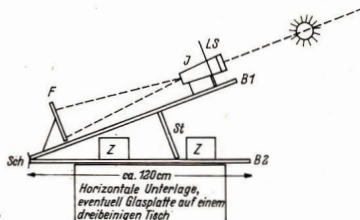


Abb. 1.

Linien, die durch den Mittelpunkt des vorgezeichneten Kreises auf F geht, entspricht der Bewegungsrichtung der Sonne im Augenblick der Beobachtung, die nun noch mit einem Pfeil zu markieren ist. Damit ist auf F alles Notwendige enthalten, was nun unabhängig von der verwendeten Apparatur ausgewertet werden kann.

Um die Lage des Sonnenäquators zu finden, trägt man den aus dem Kalender für Sternfreunde zu entnehmenden Positionswinkel P vom Mittelpunkt des Kreises aus an die durch den Mittelpunkt gezogene Linie an. Bei positiven Werten von P wird mittels eines durchsichtigen Winkelmessers der Winkelwert von P mit der Mittelpunktlinie zur Deckung gebracht und die Punkte 0 und 180 der Grad-einteilung durch eine gestrichelte Linie, die nach beiden Seiten über den Kreis hinaus verlängert wird, miteinander verbunden. Diese Linie entspricht der Lage des Sonnenäquators, der mit ihr die Berührungspunkte an der Sonnenperipherie gemeinsam hat. Bei negativen Werten des Positionswinkels P wird der Winkelwert von $180^\circ - P$ mit der Mittelpunktlinie zur Deckung gebracht und im übrigen genau so verfahren wie oben beschrieben. Eine Gerade durch den Punkt 90° auf dem Winkelmessers und den Mittelpunkt des Kreises vervollständigt die beobachtete Sonnenzeichnung.

Der Pfeil, der die Bewegungsrichtung der Sonne bezeichnet, zeigt in die Richtung, in der der Westpunkt W der gestrichelten Linie liegt. Anschließend an diesen Punkt wird ein Bogen gezeichnet, der bei positiven Werten der Breite der scheinbaren Sonnenmitte +Bo (Kalender für Sternfreunde) sich zum Pfeil der Mittelpunktlinie hin wölbt. Bei negativem Bo wendet sich der Bogen von diesem Pfeil ab.

In bekannter Weise fügt man nun der Zeichnung noch die (beobachtete!) Relativzahl r hinzu (im Unterschied zur Züricher Relativzahl, die mit R bezeichnet wird). r setzt sich aus der Anzahl der registrierten Gruppen mal 10 und der Gesamtfleckenzahl zusammen. Bei einem einzigen Sonnenfleck also $10 + 1 = 11$, bei 2 „Gruppen“ mit je einem Fleck $r = 20 + 2 = 22$ usw. Die Abb. 2 zeigt ein Sonnen-Formular (F) auf dem die eben gemachten Angaben berücksichtigt sind.

Wer ein Jahr lang den Abstand des Instruments J von der Projektionsfläche F genau konstant halten kann, kann sich durch eigene Beobachtung davon überzeugen, daß ein im Winter beobachtetes Sonnenbild über einen Kreis hinausragt, in den das Sommerbild genau eingepaßt wurde. Durch Umrechnen der im Kalender für Sternfreunde angegebenen Halbmesser der Sonne auf die Sonnenbilder läßt sich die Genauigkeit der eigenen Beobachtungen kontrollieren.

Mehrere Beobachtungen lassen sich auf einem Blatt Transparentpapier vereinigen, auf dem der Kreis der Beobachtungsblätter vorgezeichnet ist, der in 4 Quadranten geteilt wird. Man zeichnet die gestrichelte W-O-Linie ein und legt das Transparentpapier auf die Blätter der einzelnen Beobachtungstage. Abb. 3 zeigt eine solche Zeichnung für die Beobachtungen zwischen dem 2. und dem 12. Oktober 1975. Bei ausgedehnten und sich überdeckenden Fleckengruppen kann man auch zwei oder mehrere solcher Transparentzeichnungen übereinander legen, um einen Gesamteindruck zu bekommen.

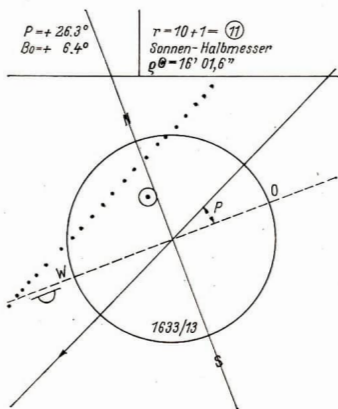
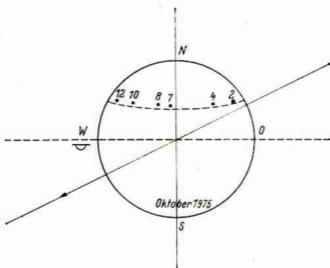


Abb. 2, links: 7. 10. 75 14^h55.

Abb. 3, unten.



Wer die Veränderungen auf der Sonnenoberfläche für längere Zeiträume ermitteln will, teilt die Sonnenrotationen in 27 bis 28 Tage ein und vergleicht die Tage mit „gleichem Rotationsalter“ miteinander. Der 7. Oktober 1975 (vgl. Abb. 2) z. B. wird mit 1632/13 bezeichnet, ihm entsprach mit der Bezeichnung 1632/13 der 10. September 1975 usw. Bei dieser Art der Einteilung kann es gelegentlich zu einer Verschiebung um einen Tag kommen, was jedoch den Überblick über die Gesamtheit der Erscheinungen nicht beeinträchtigt.

Über das Schema von Abb. 1 hinaus läßt sich die Apparatur durch einfachste Maßnahmen wesentlich vervollkommen, was jedoch über den Rahmen dieses einführenden Berichts hinausgeht. Wenn notwendig, kann man durch einfache Überlegungen die projizierten Sonnenbilder in solche verwandeln, die einem direkten Anblick der Sonnenscheibe entsprechen würden.

Junge Amateure

Merkur 1976

Die Merkursichtbarkeit am westlichen Abendhimmel von Mitte April bis Anfang Mai 1976 war eine der günstigsten; erst nach 21 Uhr erfolgte der Untergang des Planeten. Zeichnete man sich die Bahn des Merkur in eine Sternkarte ein, mußte die Annäherung an die Sterngruppe der Plejaden auffallen, die am 28. April am größten war.

Bereits am 25. April konnte ich Merkur beobachten und mit dem Coudé-Refraktor (150/2250) der Astronomischen Station Rostock fotografieren (Abb. 1, S. I). Unter guten Wetterverhältnissen gelang am 28. April wieder eine Beobachtung. Auf Abb. 2, S. I kann man die schmaler gewordene Sichel gut erkennen. Zugleich wurde die Position des Merkur südlich der Plejaden mit einem Maksutow-Spiegelobjektiv (5,6/1000) fotografiert.

Für die Aufnahmen am Coudé-Refraktor (Projektiv 6,3:1) wurde ORWO NP 15 verwendet; die günstigste Belichtungszeit lag bei 6 bis 8 Sekunden. Entwickelt wurde in R 09 in Verdünnung 1+100; 35 min lang.

Die Feldaufnahme (S. II) auf ORWO NP 20 (Rollfilm) wurde 3 min belichtet und in R 09 (1+40; 13 min) entwickelt.

Bei allen Aufnahmen ist Nord rechts oben.

JÜRGEN RENDTEL

Beobachtung eines kleinen Meteorstromes

Am 19. 2. 1976 konnte während einer Reihenaufnahme zu UU Lyn eine interessante Meteorbeobachtung gemacht werden. Aufmerksam wurde ich, als es gegen 21^h50^{min} MEZ so hell aufblitzte, daß die Wände der Sternwarte einen deutlichen Widerschein zeigten. Eine sofortige Nachprüfung ergab, daß es in der Gegend von UMa stark aufblitzte. Die erste direkte Beobachtung zeigte einen Meteor mit der Helligkeit von etwa -2^m , mit einer Bahnlänge von halber Vollmondbreite. Weitere Erscheinungen blitzten punktförmig an der gleichen Stelle auf. In Abständen von 5 bis 7 Min. konnten jeweils weitere 8 bis 10 Meteore gezählt werden. Bei 8 Beobachtungen um 22^h02^{min} konnten schwache Geräusche, ähnlich einem weit entfernten Feuerwerk wahrgenommen werden. Um 22^h32^{min} befand sich der Radiant in der Mitte der Verbindungslinie Polarstern bis α/β UMa. Es wurden im Abstand von 4 bis 5 Sekunden 10 Meteore gezählt, die punktförmig waren und Helligkeiten von 0 bis $+1^m$ besaßen. Bei einigen weiteren Beobachtungen konnte auch eine tropfenförmige Form festgestellt werden. Die Richtung zeigte nach West. Alle Meteore zeigten eine intensiv gelbe Farbe mit einem schwachen Rotantell. Bei einem tropfenförmigen Meteor konnte längs der Mittellinie ein schwacher roter Strich gesehen werden. Gegen 22^h48^{min} wurde nur noch ein schwaches Aufblitzen in der Gegend von UMi beobachtet. Ab 22^h50^{min} wurden keine Erscheinungen mehr wahrge-

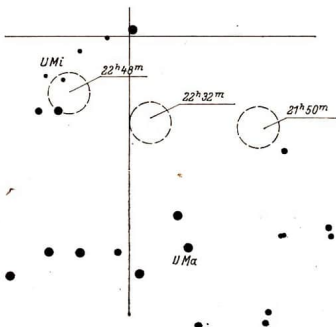


Abb. 2: Lageskizze der Radianten.

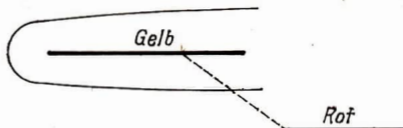


Abb. 1: Tropfenförmige Erscheinung.

Länge etwa 10 Bogen sec.

nommen. Bei den vorgenannten Beobachtungen handelt es sich offensichtlich um einen schwachen Meteorstrom. Dabei erfolgte das Eindringen der Meteore in die Atmosphäre in Richtung auf den Beobachter zu. Diese seltene Erscheinung in der Meteorbeobachtung erklärt auch die punktförmigen Beobachtungen. Abb. 2 zeigt die Lageskizze der Radlanten und die dazugehörigen Zeiten in MEZ.

MARTIN DIETRICH

Feuerkugelercheinungen 1975

Diese Jahresübersicht ist auf der Grundlage zahlreicher Einsendungen von Sternfreunden entstanden, wir danken allen Einsendern recht herzlich für ihre Mitarbeit.

Besonderer Dank gilt Dr. Coplecha, Leiter des europäischen Himmelsüberwachungsnetzes des Observatoriums Ondřejov (ČSSR), dem Astronomischen Jugendklub Österreichs (Leitung Peter Reinhard) sowie dem Leiter der Meteorsammelstelle Österreich, Alexander Keul.

In dieser Übersicht wurden alle Daten aufgenommen, die uns aus der DDR, der ČSSR, Österreich und der BRD zugehen und die somit fast alle im Sichtbarkeitsbereich der DDR erschienen sind.

Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da unsere Gruppe, die sich mit der Sammlung und Auswertung von Feuerkugelercheinungen (-4^{te} und heller) befaßt, sich noch im Anfangsstadium ihrer Arbeit befindet. Es ist vorgesehen, die Arbeit der Sammelstelle weiter auszubauen. Aus diesem Grund rufen wir alle Sternfreunde zur Mitarbeit auf. Durch die zentrale Sammlung und Auswertung von Feuerkugeldaten soll erreicht werden, daß künftig keine derartigen Meldungen verlorengehen, Bahnrechnungen und auch statistische Auswertungen effektiver gestaltet werden können sowie das Material einer weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung in entsprechenden Einrichtungen besser als bisher zur Verfügung gestellt werden kann. Amateure, die Interesse haben mitzuarbeiten und sich somit am Projekt Himmelsüberwachung zu beteiligen, können bei den Bearbeitern vorgedruckte Meteorfragebogen sowie Hinweise zur Arbeit erhalten.

25. 04. 75 20.51 MEZ Jena Kirsch
-8/-9 Az/E1 1: 250/15 Az/E1 2: 330/10 Dauer: 7-8 s
Schweif: stark ausgeprägt, sehr lang Kopf: gelb-orange
Bemerk.: beob. in Schweiz, BRD, Holland und DDR
 Bahnrechnung, (siehe „Astronomie und Raumfahrt“/76-1)

26. 04. 75 09.25 MEZ Wien Slama
Az/E1 1: 275/5 Az/E1 2: 273/2
Schweif: ja Kopf: weißlich

13. 05. 75 20.26,5 MEZ Friedersdorf Greißner
-7/-8 Az/E1 1: 310/35 Az/E1 2: 300/15 Dauer: 1,5 s
Schweif: stark Kopf: bläulich-weiß
Bemerk.: Schweifrauch 5 min sichtbar

17. 05. 75 21.04 MEZ Klagenfurt (Österr.) Woschitz
-4 Az/E1 1: 237/42 Az/E1 2: 278/14 Dauer: 3 s
Schweif: sehr ausgeprägt Kopf: verschiedenfarbig
Bemerk.: Nachleuchten

11. 06. 75 23.52 MEZ Crimmitschau Prell
-12 Az/E1 1: 270/25 Az/E1 2: 295/10
Schweif: 10° lang Kopf: weiß
Bemerk.: kurz nach Erscheinen pfeifen

27. 06. 75 21.49,5 MEZ Kirchschlag (Österr.) Konlechner
-6/-7 Az/E1 1: 33/36 Az/E1 2: 47/20 Dauer: etwa 5 s
Schweif: ja Kopf: rot; später gelbrot
Bemerk.: Rauchspur

05.07.75 -6/-8 Schweif: Bemerk.:	01.05 MEZ Bad Gandersheim (BRD) Schwarzer Az/El 1: 155/63 Az/El 2: 234/61 Dauer: 2,5 s 8" lang Kopf: gelbweiß nach Verschwinden 15 s Rauchspur	
23.07.75 -4 Schweif: Bemerk.:	21.58 MEZ Potsdam Ling Az/El 1: 230/35 Az/El 2: 265/30 Dauer: 3 s gut ausgeprägt Kopf: rötlich-gelb am Ende der Flugbahn in zwei Teile geteilt	
26.07.75 -4/-5 Schweif:	21.51 MEZ St. Urban (Österr.) Karrer Az/El 1: 205/30 Az/El 2: ? grünlich Kopf: weiß	
03.08.75 -4/-5 Schweif:	22.41 MEZ Jena Kirsch Az/El 1: 320/30 Az/El 2: 280/20 Dauer: 2 s Kopf: gelb-orange	
04.08.75 -7/-10 Schweif: Bemerk.:	01.50 MEZ Flattnitz (Österr.) Karrer Az/El 1: 150/26 Az/El 2: 160/22 Dauer: 2 s geteilt (V) Kopf: weiß-gelblich 30 s Nachleuchten; Foto	
06.08.75 -4 Schweif:	20.55 MEZ Kahla Klose Az/El 1: 295/30 Az/El 2: 280/10 3,5 s 1" lang Kopf: weiß	
10.08.75 -5 Bemerk.:	22.37 MEZ Drochow Kalauch Az/El 1: 120/45 Az/El 2: 125/20 Dauer: 0,7 s Kopf: gelb-orange Nachleuchten 3,5 s	
10.08.75 -4 Bemerk.:	22.40 MEZ Drochow Kalauch Az/El 1: 110/40 Az/El 2: 135/30 Dauer: 0,6 s Kopf: gelb-hellorange Nachleuchten 2,7 s	
13.08.75 -4 Schweif: Bemerk.:	21.20 MEZ Potsdam Rendtel Az/El 1: 50/65 Az/El 2: 200/15 Dauer: 6 s ja Kopf: bläulich-grünlich 15 s Nachleuchten	
13.08.75 -6 Schweif: Bemerk.:	22.56 MEZ Eberswalde Kauschke Az/El 1: Zenit Az/El 2: 135/80 Dauer: 0,5 s sehr auffällig Kopf: weiß 5 s Nachleuchten	
14.08.75 -5 Schweif: Bemerk.:	00.42 MEZ Kobersdorf (Österr.) Grössing Az/El 1: 120/60 Az/El 2: 150/50 Dauer: 2 s ja Kopf: weiß 1/2 s Nachleuchten	
14.08.75 -4,5 Bemerk.:	00.53 MEZ Neuhaus (Ostsee) Merbach Az/El 1: 290/55 Az/El 2: 280/35 Dauer: 1,5 s Kopf: gelblich intensives Nachleuchten	
29.08.75 -13 Schweif: Bemerk.:	23.13 MEZ Kobersdorf (Österr.) Grössing Az/El 1: Zenit Az/El 2: 0/60 Dauer: 1 s orange Kopf: blau-weiß 1 s Nachleuchten; rote Funken	
13.09.75 -4 Schweif: Bemerk.:	20.36 MEZ Drochow Richter Az/El 1: 90/38 Az/El 2: 85/14 Dauer: 1,2 s bläulich-weiß bis silbrig Kopf: gelb 3 s Nachleuchten	
24.09.75 > -4 Schweif:	00.00 MEZ Sillian (Osttirol) Ortner Az/El 1: ? Az/El 2: ? heller Streifen Kopf: rot, feurig	

25. 09. 75 21.57 MEZ Eckardsberga Merbach
- 5/-6 Az/El 1: 90/20 Az/El 2: 150/10 Dauer: 1,5 s
Schweif: kurz Kopf: rot
Bemerk.: Beobachtet in der DDR, ČSSR, Österreich
Bahnrechnung: Endpunkt ČSSR (etwa 100 km SO von Prag)
26. 09. 75 21.37 MEZ Höflein (N-Österr.) Brandl
> -4 Az/El 1: ? Az/El 2: ?
Schweif: bläuliche Nachspur Kopf: bläulich
Bemerk.: Funken
26. 09. 75 22.10 MEZ Linz (Österr.) Vorhauer
-6 Az/El 1: 126/90 Az/El 2: 77/41
Schweif: ja Kopf: weißgrün
Bemerk.: 3 s Nachleuchten
08. 11. 75 18.40 MEZ Schwerin Schult
-4 Az/El 1: 110/50 Az/El 2: 170/40 Dauer: 4-5 s
Schweif: sehr auffällig, gelblich Kopf: gelblich-weiß
12. 11. 75 20.42 MEZ Linz (Österr.) Gusenbauer
> -5 Az/El 1: 295/70 Az/El 2: 253/29 Dauer: 3 s
Bemerk.: Nachleuchten
26. 11. 75 15.30 MEZ Ondřejov (ČSSR) Ceplecha
Az/El 1: 15/19 Az/El 2: 19/16 Dauer: ?
Bemerk.: Rauchspur
28. 11. 75 19.07 MEZ Wien Trojan
-4/-5 Az/El 1: 28/22 Az/El 2: 15/21
Schweif: ja Kopf: weiß
28. 11. 75 19.30 MEZ Jindřichov, Hradec (ČSSR) Smrčka
-11 Az/El 1: Zenit Az/El 2: 15/20 Dauer: 5-6 s
Kopf: weiß-blau
Bemerk.: 2 Flars; Splitter. Etwa gleichzeitig wurde eine dritte Feuerkugel beobachtet. Aus dem Gebiet der DDR gingen dazu etwa vierzig Meldungen ein. Es war aber nicht möglich, dazu die genauen Daten zu ermitteln.
12. 12. 75 19.18 MEZ Karlovy Vary Vrzák
-14 Az/El 1: 200/? Az/El 2: 240/? Dauer: 2 s
Kopf: gelblich
Bemerk.: Explosion; Splitter
26. 12. 75 01.00 MEZ Heidenau Gelfert
-4/-5 Az/El 1: 70/15 Az/el 2: 100/30 Dauer: 2,5 s
Kopf: gelblich

Hinweise zu den Meldungen:

- Az/El 1: Azimut/Elongation zu Beginn der Erscheinung (Angaben von Nord über Ost gezählt).
Az/El 2: Azimut/Elongation zu Ende der Erscheinung (alle Angaben in Grad).

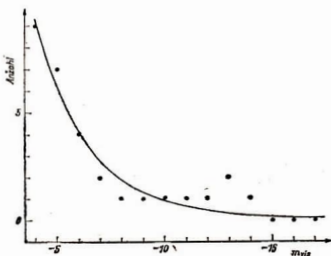
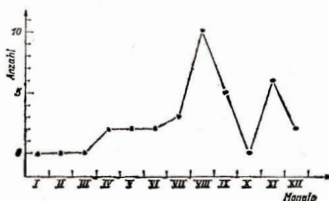


Abb. 2, links.

Abb. 1, unten.



Für die Richtigkeit der Meldungen übernehmen die Autoren der Übersicht keine Gewähr. Die Daten wurden original von den Beobachtern übernommen. Zu einigen Erscheinungen liegen mehrere Meldungen vor. Es wurden in dieser Übersicht generell nur die Erstmeldungen aufgenommen. Nähere Daten und andere Meldungen zu den genannten Erscheinungen können bei den Autoren angefordert werden, die sich auch über weitere Meldungen und Ergänzungen freuen.

Auswertung der Beobachtungen

Es ist sehr gewagt, eine statistische Auswertung von nur 31 Feuerkugelercheinungen nach rund einem Jahr der Arbeit unserer Sammelstelle durchzuführen. Trotzdem soll es versucht werden.

Abb. 1 zeigt die Anzahl der Erscheinungen über die Monate aufgetragen. In den Monaten Januar, Februar und März wurden keine Erscheinungen heller als -4^m gemeldet. Das wird daran liegen, daß in diesem Zeitraum die Sammelstelle noch sehr inaktiv war. Zum anderen sind aber auch in Ländern mit gut arbeitenden Sammelstellen in diesem Zeitraum keine Meldungen eingegangen. Es folgt dann nach einer Zeit mittlerer Häufigkeit ein gut ausgeprägtes Maximum im August, dessen Ursprung mit großer Wahrscheinlichkeit in den Perseiden liegt. Begünstigt wurde es noch durch die sehr gute Wetterlage in den Sommermonaten. Das Maximum im November ist wahrscheinlich auf die Draconiden zurückzuführen. Bemerkenswert ist noch, daß, nachdem bereits am 26. 11. ein Tagesmeteor gesehen wurde, am 28. 11. 75 innerhalb einer halben Stunde drei sehr helle Erscheinungen beobachtet wurden. Auf eine Anfrage in der Tagespresse gingen vierzig Meldungen ein, die allerdings zum Zeitpunkt der Abgabe des Manuskriptes noch nicht ausgewertet waren.

In Abb. 2 ist die Abhängigkeit der Helligkeit von Feuerkugeln zu der Anzahl dargestellt. Aus dem nahezu exponentiellen Abfall ist die Seltenheit von massereichen und somit hellen Erscheinungen im Vergleich zu schwächeren deutlich zu sehen. Auch diese Abbildung wird bei einer größeren Anzahl von auswertbaren Erscheinungen etwas anders ausfallen.

KARSTEN KIRSCH / GERD RENNER

Die Sonnenflecken im Juli, August und September 1975

Häufigkeitsverteilung

Juli: Anfang des Monats war die Aktivität sehr gering. Sie lag im Schnitt bei 12. Im weiteren kam es zu einem geringen Anstieg der Relativzahlen. Im Maximum erreichten diese 40. (14/25.7) Fleckenfreie Tage traten keine auf.

August: Die Aktivität der Sonne nahm weiter zu. So kam es in den ersten 10 Augusttagen zu einer mittleren bis starken Aktivität (8.8. $R = 93$)! Allerdings sanken dann die Relativzahlen stark ab. Es wurden 2 fleckenfreie Tage registriert.

September: Der September entsprach dem zur Zeit erreichten Minimum der Sonnenaktivität, also war kaum eine größere Veränderung in der Photosphäre der Sonne auszumachen. Ab 23. 9. zeigte die Sonne überhaupt keine Aktivität hinsichtlich von Flecken mehr! (Fackeln waren vorhanden).

Das sind 8 (!) fleckenfreie Tage.

Monatsmittel

Juli: $R = 26,8$, August: $R = 37,1$, September: $R = 15,2$, Gesamt $R = 26,03$.

Beobachtungshäufigkeit

Juli: 31 Tage = 100%, August: 29 Tage = 93,5%, September: 27 Tage = 90,0%.

Fleckenkurve (Abb. 1).

Art/Ort der Beobachtung und Instrument

Art der Beobachtung

Es wurde mit der Projektionsmethode gearbeitet. Dabei erreichte das Sonnenbild eine Größe von etwa 10–20 cm. Die Größe hing im wesentlichen von der Helligkeit der Sonne und vom gewählten Okular ab.

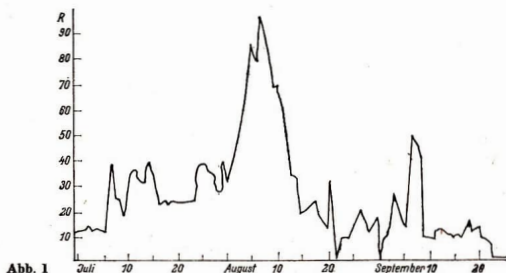


Abb. 1

Ort der Beobachtung/Beobachtungszeit

Es wurde in Potsdam und in Königstein (Sächs. Schweiz) beobachtet. Im Juli/August konnte meist morgens und abends beobachtet werden. Dies war im September leider nicht mehr möglich. Hier lag die Beobachtungszeit in den Nachmittagsstunden.

Instrumente

Es wurde mit 2 Instrumenten gearbeitet: 1. 50/540 Achromat und 2. C 63/840. Die Werte des letzteren Instrumentes waren für meine Statistik die ausschlaggebenden.

A. LING

Beobachtung des Kometen Kobayashi-Berger-Milon (1975 h)

Nach der Enttäuschung durch den Kometen Kohoutek wurden wir Amateure im August und September 1975 durch die günstige Beobachtungsmöglichkeit des Kometen 1975 h etwas entschädigt. Es gelang mir, während der günstigen Abendlichtbarkeit des Kometen, ihn an acht Tagen zu beobachten. Er konnte jeweils sofort mit bloßem Auge ausgemacht werden. Die Beobachtungen sind durchweg visuell gewonnen. Die Schätzung der Totalhelligkeit wurde ohne Instrument im Vergleich zu Nachbarsternen und M 13 vorgenommen.

Tabelle 1: Beobachtungsergebnisse

m_t :	Totalhelligkeit	L:	Schweiflänge
K $\emptyset$:	Komadurchmesser	P:	Positionswinkel des Schweifes (gezählt von Nord über Ost)
k $\emptyset$:	Kerndurchmesser	B:	Breite des Schweifes in einem Abstand l vom Kern
m_k :	Kernhelligkeit		
I:	Instrument		

Datum	MEZ	m_t	K $\emptyset$	k $\emptyset$	m_k	I
1975 Juli 17	22 ^h	4 ^m 6	30'	20"	8 ^m 5	1
31	22 ^h	4 ^m 7	22'	25"	8 ^m 1	1
Aug. 01	21 ^h	4 ^m 9				
02	23 ^h	4 ^m 7	9'	4"	8 ^m 2	2
03	23 ^h	4 ^m 9	17'	23"	8 ^m 5	1
04	22 ^h	5 ^m 0				
08	22 ^h	5 ^m 0	15'	20"	8 ^m 3	1
09	22 ^h	4 ^m 9	15'	10"	8 ^m 6	1

Beobachtung des Schweifes

Datum	MEZ	allgemeine Sichtbarkeit	L	B	P	I
1975 Juli 17	22 ^h	Komadeformation vermutet			90°	1
31	22 ^h	Schweifansatz unsicher			40°	1
Aug. 02	23 ^h		10'			2
03	23 ^h	Schweif deutlich sichtbar	23'	7' (l = 13')	50°	1
08	22 ^h		34'	5' (l = 8')		1
09	22 ^h		41'	6' (l = 14')		1

Als Kern wurde eine annähernd sternförmige Kondensation im Komazentrum bezeichnet.

Instrument 1	165/1430 Newton	N = 50fach
Instrument 2	60/600 Refraktor	N = 30fach

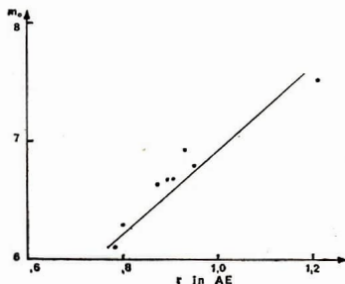


Abb. 1 Verhalten der absoluten Helligkeit in Abhängigkeit zur Sonnenentfernung.

Im Beobachtungszeitraum nahm die Entfernung Erde – Komet (d) von 0,26 AE auf 0,58 AE zu und die Sonnenentfernung des Kometen (r) von 1,21 AE auf 0,78 AE ab. Der Periheldurchgang erfolgte am 05. September in 0,43 AE Entfernung von der Sonne. Daß die scheinbare Helligkeit im Beobachtungszeitraum relativ konstant blieb (trotz wachsender Entfernung des Kometen von der Erde), läßt sich durch ein Anwachsen der absoluten Helligkeit (m_0) erklären. Abb. 1 zeigt das Verhalten der absoluten Helligkeit in Abhängigkeit zur Sonnenentfernung.

Im allgemeinen erfolgt die Reduktion von beobachteten Kometenhelligkeiten zur Ableitung der Parameter m_0 und n nach Formel $m = m_0 + 5 \log d + 2,5 n \log r$.

Der Parameter n gibt an, in welchem Maße bei abnehmender Sonnenentfernung die absolute Helligkeit anwächst. Beide Parameter können allein bei einem Periheldurchgang eines Kometen starken Änderungen unterworfen sein. Eine überschlägige Abschätzung brachte anhand meiner Beobachtungen für den Beobachtungszeitraum die folgenden Dimensionen für den Kometen: Komadurchmesser 320000 km, Kerndurchmesser 3500 km.

Die gegebenen Bahnelemente wurden von Brian Marsden, Cambridge, gerechnet.

T: 1975 Sept. 5,342 ET

ω : 116°988

Ω : 295°652

i : 80°774

q : 0,42568 AE

T: Periheldurchgang

ω : Abstand des Perihels vom aufsteigenden Knoten

Ω : Länge des aufsteigenden Knotens

i : Neigung der Kometenbahn gegen die Ekliptikebene

q : Periheldistanz

DIETMAR BÖHME

VV Cep im Minimum

Der Algolstern VV Cep, der eine Periode von 7430 Tagen = 20,4 Jahren besitzt, wird zwischen 1976 und 1978 ein Minimum durchlaufen. Da dieser Stern sehr hell ist, bereitet seine Auffindung keine Schwierigkeiten. Es ist zu empfehlen, jede klare Nacht eine Schätzung an VV Cep vorzunehmen und über die ganze Zeit des Minimums die Lichtkurve zu ermitteln.

RA (1950): 21^h53^m3^s Dekl. (1950): +63°23'3" Amplitude: 6^m6 – 7^m4

Beginn des Abstiegs: 1976 Oktober 15 – Beginn der totalen Phase: 1977 Januar 1 – Mitte des Minimums: 1977 August 6 – Ende der totalen Phase: 1978 April 12 – Ende des Aufstiegs: 1978 Juni 12.

Sternfreunde, denen Beobachtungen möglich sind, bitten wir, den Arbeitskreis für Veränderliche Sterne an der Bruno H. Bürgel Sternwarte Hartha zu informieren.

Literatur:

C. Hoffmeister, Veränderliche Sterne, Leipzig 1970, S. 138.

T. Juhasz, Fedélt Vátozó Minimumok 1976, Szekesfehervar 1975.

DIETMAR BÖHME

Frage und Antwort

Unser Leser Bernd Reimann aus Jena, Golmsdorfer Str. 28, fragt: „Im Zusammenhang mit der Ermittlung der Wolfsehen Sonnenfleckenzahl ($R = 10g + f$) hätte ich folgende Frage:

Welchen Abstand muß ein einzelner Fleck bzw. eine Fleckengruppe von einem anderen einzelnen Fleck oder Fleckengruppe haben, um als selbständige Fleckengruppe in die o. g. Formel einzugehen?“

Hinweise für die heute übliche Zählweise von Sonnenflecken zur Bestimmung der Relativzahl

H. KÜNZEL

Bevor mit der Zählung der Sonnenflecken und der Einteilung in Gruppen begonnen wird, um daraus die Relativzahl abzuleiten, ist zunächst einmal die Richtung der täglichen Bewegung der Sonne im Okular des Beobachtungsinstrumentes oder auf dem Projektionsschirm festzustellen und in geeigneter Weise zu markieren. Sie dient als Bezugslinie zur Justierung des Sonnenkoordinatennetzes, das als wichtiges Hilfsmittel bei der Beobachtung verwendet werden sollte. Erst ein für den Beobachtungstag gültiges Sonnenkoordinatennetz (heliographische Breite B des Sonnenmittelpunktes beachten) und die richtige Orientierung zur Sonnenachse unter Beachtung des Positionswinkels P bieten die Möglichkeit, eine Aussage darüber machen zu können, ob ein Fleckenkomplex aus nur einer oder aus mehreren Fleckengruppen besteht.

Sonnenflecken treten bekanntlich einzeln, in kleinen Anhäufungen oder in paarweisen Anhäufungen auf. Schwierigkeiten in der Einteilung in Gruppen kann es bei den nicht paarweisen Anhäufungen geben, wenn die einzelnen Flecken verstreut liegen. Üblich ist, sie noch zu einer Gruppe zusammenzufassen, wenn sich alle Flecken in einem Gebiet von etwa $5 \times 5^\circ$ befinden. Einzelflecke die in Breite einen größeren Abstand aufweisen, gehören vielfach nicht zu dieser Fleckenanhäufung und bilden

eine neue Gruppe. (Eine genaue Trennung kann nur vorgenommen werden, wenn die magnetischen Polaritäten bekannt sind.)

Die paarweise Anhäufung von Sonnenflecken tritt relativ oft auf und ist immer dann ein Zeichen dafür, daß es sich um eine Fleckengruppe handelt, wenn der vordere (westliche) Teil der Fleckenanhäufung die gleiche oder eine geringere heliographische Breite aufweist, als der nachfolgende (östliche) Teil. Der Betrag der Neigung der Längsachse der Fleckengruppe zum Sonnenäquator ist abhängig von der heliographischen Breite, in der sich die Fleckengruppe befindet. In Breiten um $\pm 30^\circ$ beträgt die Neigung bis zu 4° , in Breiten um $\pm 10^\circ$ nur etwa $1-2^\circ$. In besonders aktiven Gebieten (aktive Längen der Sonne) kann es vorkommen, daß mehrere Fleckengruppen dicht beieinander entstehen. Sie lassen sich in den meisten Fällen voneinander trennen, wenn das Kriterium der Neigung der Längsachse der Fleckengruppen beachtet wird. Der Breitenabstand zweier Fleckengruppen kann in einem solchen Gebiet gelegentlich nur wenige Grade betragen.

Eine außergewöhnliche Fleckengruppenkonstellation kann es geben, wenn sich in unmittelbarer Nähe eines alten Hofflecks eine neue Fleckengruppe bildet und der alte Einzelfleck mit in die neue Fleckengruppe integriert wird. Hat man den Entwicklungsvorgang verfolgen können, besteht keine Schwierigkeit der Trennung in zwei Fleckengruppen. Kennt man die Vorgeschichte der Entwicklung aber nicht und hat man keine Möglichkeit, die magnetischen Polaritäten zu messen, so wird der Fleckenkomplex notgedrungen als eine Gruppe gezählt.

Auf eine weitere Besonderheit der Fleckengruppenform sei noch hingewiesen. In den meisten Fällen ist der in Rotationsrichtung der Sonne vorangehende Teil einer größeren Fleckengruppe stärker ausgebildet, als der nachfolgende Teil. Das hat zur Folge, daß sich der nachfolgende Teil eher auflöst, als der vorangehende. Es kann nun vorkommen, daß vom nachfolgenden Teil nur noch ein Fleck übrig bleibt, der relativ weit vom vorangehenden Teil der Fleckengruppe entfernt steht (Abstände bis zu 15°). In diesem Fall zählt der Fleck zur Fleckengruppe und ist nicht als gesonderte Gruppe zu betrachten.

Bei großen Hofflecken (Rest des vorangehenden Teils einer großen Fleckengruppe) gibt es vielfach eine Periode der Nachentwicklung, das heißt, es bilden sich erneut, meist nur wenige Tage lebend, eine Anzahl von kleinen Flecken in unmittelbarer Nähe des großen Hofflecks. Auch diese Flecken zählen nicht als neue Gruppe, sondern gehören zu der bereits bestehenden Fleckengruppe.

Abschließend noch eine Bemerkung zur Zählweise von Flecken mit mehreren Kernen in einem Fleckenhof. Üblich ist, jeden Fleckenkern als einen gesonderten Fleck zu zählen.

Zur Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl

Als Maßzahl für die Sonnenfleckenhäufigkeit wird die von dem Züricher Astronomen Rudolf Wolf (1816—1893) im Jahre 1848 eingeführte Relativzahl R benutzt. Sie ist definiert durch die Beziehung $R = k(10g + f)$

in der g die Zahl der Fleckengruppen, f die Zahl der Einzelflecken und k eine Konstante bedeuten. Das zehnfache Gewicht der Gruppenzahl wurde damals eingeführt, weil dem Entstehen einer Fleckengruppe eine stärkere Zunahme der Aktivität in der Photosphäre beigemessen wurde, als der Neubildung eines Flecks innerhalb einer schon entstandenen Fleckengruppe. Die Konstante k hängt von dem verwendeten Beobachtungsinstrument, von der Beobachtungsmethode, der Bildgröße bzw. Vergrößerung, den Beobachtungsbedingungen (Szintillation und Durchsicht) und nicht zuletzt von der persönlichen Art der Zählung und Einteilung in Gruppen ab. Die Konstante k kann nur bestimmt werden, wenn die unkorrigierte Beobachtungsreihe R' mit einer Standardreihe des gleichen Zeitraums, im allgemeinen mit den Züricher Relativzahlen R_z , verglichen und k durch Division $R_z/R' = k$ bestimmt wird.

Wolf hat für seine Zählungen an einem Fraunhoferschen Fernrohr von 8 cm Öffnung und 110 cm Brennweite bei 64facher Vergrößerung $k = 1$ gesetzt. Auch heute noch wird das gleiche Instrument in Zürich zur täglichen Bestimmung der Relativzahl benutzt. Der Nachfolger von R. Wolf im Amt des Direktors der Eidgenössischen Sternwarte Zürich A. Wolfer führte dann eine etwas andere Zählweise ein, die seither beibehalten wurde. Die Ergebnisse der heutigen Zählweise lassen sich, wie 16jährige Parallelbeobachtungen von Wolf und Wolfer und jeweils mehrjährige Parallelbeobachtungen zwischen den nachfolgenden Direktoren Wolfer und Brunner sowie Brunner und Waldmeier zeigen, durch $k = 0,60$ auf die Wolfsche Einheit reduzieren. Damit wird erklärlich, warum in den Züricher jährlichen Berichten zur Sonnenaktivität, die in den Astronomischen Mitteilungen der Eidgenössischen Sternwarte Zürich erscheinen, für den jeweiligen Direktor der Reduktionsfaktor mit $k = 0,60$ angegeben wird. Damit wird auch verständlich, warum in dem von der Eidgenössischen Sternwarte Zürich monatlich herausgegebenen „Sunspot Bulletin“ die kleinste Relativzahl nicht 11 sondern 7 beträgt.

Kurzberichte

Lesermeinungen zum Beitrag „Einige Aspekte amateurastronomischer Arbeit“, Heft 1/1976

In einem Schreiben an den Autor des Artikels meldete sich Dr. Paul Ahnert, der allen Lesern der Zeitschrift durch seine zahlreichen, für die Arbeit des Amateurs wertvollen Veröffentlichungen bekannt ist, zu Wort. Dieser Brief soll hier teilweise wiedergegeben werden, weil er auf eine „Unsauberkeit“ in dem Beitrag hinweist:

„Warum muß man am Äquator auf den 21. 3. bzw. den 23. 9. warten, wenn man die Sonne senkrecht vom Horizont aufsteigen sehen will? Das tut sie am Äquator jeden Morgen im ganzen Jahr, denn sie beschreibt auf ihrem täglichen Lauf genähert in den Äquinoktien einen Großkreis und an den übrigen Tagen ebenfalls genähert einen Kleinkreis, in den Solstitien sogar fast genau. Aber am Äquator schneiden nicht nur der Himmelsäquator, sondern auch alle Äquatorparallelen Kleinkreise den Horizont senkrecht. In den Äquinoktien schiebt sich die Sonne übrigens gerade am wenigsten exakt senkrecht durch den Horizont, denn gerade dann ist ihre Deklinationsänderung am größten (± 2 Bogensekunden in 2 Minuten). Am „senkrechtsten“ steigt sie in den Solstitien hoch.“

Mit bestimmten Arten von Wasseruhren, wie sie im 7. Jahrhundert v. u. Z. in Babylonien (möglicherweise schon früher), in klassischen Altertum, bei den Indern und Arabern im Gebrauch waren, läßt sich das Verfahren (Vergleich der im Laufe eines Tages und während des Sonnenaufgangs durchlaufene Wassermenge) tatsächlich anwenden.“

An anderer Stelle macht Dr. Ahnert einen Vorschlag, wie der Amateur mit „modernen“ Meßmitteln und etwas Trigonometrie das Prinzip dieser Methode anwenden kann:

„Realisierbar und dazu noch mit ein bißchen Trigonometrie verbunden wäre der Sonnenaufgangsversuch auch bei uns, wenn der Amateur eine Stopuhr und den Ausblick auf ein waagerechtes Stück Horizont hat. Hierbei ist allerdings die Beschränkung auf die Äquinoktien zu empfehlen, da um diese Zeit der Winkel der scheinbaren (täglichen) Sonnenbewegung zum Horizont $90^\circ - \varphi$ (φ = geographische Breite) ist. Die Zeit, die zwischen der Berührung des oberen und des unteren Randes der Sonne vergeht, muß mit $\cos \varphi$ multipliziert werden, um die Zeit zu erhalten, in der die Sonne bei ihrer täglichen Bewegung um ihren eigenen Durchmesser fortschreitet (t = Dauer des Aufganges) (s. Abb. 1). Außerhalb der Äquinoktien, bei größeren Sonnendeklinationen, wird die Bestimmung des Aufstiegswinkels undurchsichtiger.“

An einer weiteren Stelle seines Briefes macht Dr. Ahnert noch eine Bemerkung zu dem erwähnten Brunnenversuch: „Die Versuche sind tatsächlich auch 1804 und 1831 in Schächten von 79 m und 146 m Tiefe gemacht worden.“ Auch der Schluß des Briefes von Dr. Ahnert ist so interessant, daß er hier mitgeteilt werden soll:

„Zum Schluß Ihres Aufsatzes könnte man noch zu bedenken geben, daß neben den wissenschaftlich wertvollen Beiträgen auch für den Amateur selbst alle Beobachtungen von Wert sind, durch die er die astronomischen Vorgänge selbst miterlebt, z. B. Phasenbeobachtungen der Venus und des Mars, Jupitermonde, Planeten- und Mondbeobachtungen ganz allgemein, auch mit Farbfiltern; aber auch Schätzungen an Doppelsternen (Distanz, Positionswinkel, Helligkeits- und Farbdifferenzen) können Freude und Vertrautheit mit den Objekten bringen. Auch wenn man natürlich an extragalaktischen Objekten nicht mehr als einen diffusen Nebelschimmer sieht, kann dabei doch das Wissen um die Entfernung und die wahre Natur dieser Objekte beeindrucken.“

Auch vom Leser Uwe Bergmann, Röbel, liegt eine schriftliche Wortmeldung zu diesem Beitrag vor. Hier geht es um einen Vorschlag zur Erweiterung des astronomischen Literaturangebotes.

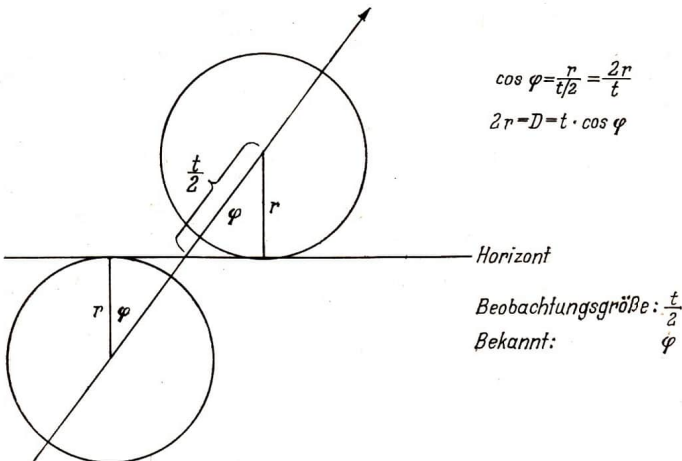


Abb. 1

„Sie reden von einem intensiven Selbststudium in Verbindung mit der aktiven Beobachtung. Ich vertrete Ihre Meinung, jedoch ist es für junge Amateurastronomen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da die astronomische Literatur selten und nicht gerade billig ist (außer der Akzent-Reihe). Astronomische Titel wie „Astronomie selbst erlebt“, „Kleine praktische Astronomie“ und „Himmelsbeobachtungen mit dem Feldstecher“ sollte jeder Sternfreund und Amateurastronom besitzen, jedoch sind diese Titel oft schon kurz nach dem Erscheinen vergriffen. Obwohl es im Rahmen der Literatur noch einige Schwierigkeiten gibt, möchte ich wagen, einen Vorschlag zur Erweiterung des knappen Angebotes zu machen:

- Verzeichnis aller Schul-, Volks-, Privat- und Fachsternwarten mit Fotos;
- Verzeichnis über Spiegelschleifereien und Betrieben für Fernrohrbau;
- Handbuch des Amateurastronomen (mit Anleitung zum Instrumentenbau, Beobachtungsobjekten, Literaturverzeichnis usw.);
- Amateuratlas bis zur 10. Größenklasse (Äquinoktium 2000);
- Fotografischer Amateuratlas bis zur 18. Größenklasse“.

Sicher sind einige der Hinweise sehr überlegenwert. Es gibt z. B. vieles von diesen Vorschlägen in der Literatur. Wie ist es aber für die Benutzung durch den Amateur vorbereitet?

Dr. S. MARX

Nutzung der NASA-Produkte

Der Unterausschuß über Luft- und Weltraumtechnologien und nationale Bedürfnisse des USA-Senatskomitees über Luft und Weltraumwissenschaften führte vom 22. bis 24. September 1975 eine öffentliche Anhörung, ein sogenanntes Hearing, zur Frage der technischen Nutzung der NASA-Produkte für die amerikanische Wirtschaft durch. Dem 517 Seiten starken Protokoll waren folgende nicht vollständige Hinweise zu entnehmen:

- Gasturbinen, integrierte Schaltungen, Tiefkühlanlagen und EDV-gesteuerte Entwurfs- und Zeichenapparate, die auf NASA-Entwicklungen zurückgehen, bringen der USA-Wirtschaft wahrscheinlich einen Nutzen von sieben Milliarden Dollar (S. 5).
- Eine ökonomische Analyse durch „Chase Econometrics“ zeigt, daß jeder in Weltraumprojekte investierte Dollar innerhalb von 10 Jahren der USA-Wirtschaft 14 Dollar zurückgibt (S. 5).
- NASA gibt jährlich über 500 technische Informationen an ungefähr 20000 Interessenten heraus (S. 7).
- NASA unterhält sechs Anwendungs-Zeichen, die jährlich von über 3000 Ratsuchenden aufgesucht werden (S. 7). Aufgrund dieser Beratungen konnten u. a. neu entwickelt werden: dünnwandige Zylinder, Polyesterharze, durch die Sonne belegte Warmwasserspeicher, ein Farbenstrich für die „Golden Gate“-Brücke in San Francisco, Schutzbekleidung für Krankenhauspatienten auf Infektionsstationen, Atemgeräte für die Feuerwehr, Verkabelungen für Wohn- und Geschäftshäuser (S. 8).
- NASA hält zum Preis von je 500 Dollar 1600 Computerprogramme für Interessenten bereit (S. 10).
- Neue Konstruktionen von Schüttgut-Waggons und Containern (S. 26ff).
- Verbesserte Röntgentechnik und -auswertung zur Diagnostizierung der Arteriosklerose (S. 38ff).
- Herzschrittmacher in der Größe eines kleinen Feuerzeugs, den der Träger selbst aufladen kann (S. 50).
- Fernwärmeübertragung (S. 74ff).
- Hitzebeständige Farbe (S. 147).

Daß die Weltraumforschung und -fahrt auf lange Sicht auch unmittelbaren Nutzen bringt, war bekannt. Der Senatsbericht untermauert dieses Wissen.

Prof. Dr. G. REINTANZ

Zur Entwicklung der amateurastronomischen Jugendarbeit in der DDR

„Für die Jugend sollten wir unser Bestes opfern. Sie bedeutet nicht nur die Zukunft, sondern auch den Fortschritt aller Erkenntnis. In der Astronomie, die immer Neues erforscht, müssen wir insbesondere der Jugend die Bahnen öffnen, ihren Sinn für die Lehre Wissenschaft wecken und mit Schönstem und Tiefstem erfüllen.“

Dr. F. S. Archenthal

Seit vielen Jahren wird die Amateurastronomie in der DDR durch den Kulturbund unterstützt, betrieben. Dabei ist der Anteil der jungen Amateure im Laufe der Zeit erheblich angestiegen. Erinnert sei in diesem Zusammenhang nur an das Beispiel der Gruppe der Veränderlichenbeobachter, die zum überwiegenden Teil aus Jugendlichen besteht. Die im Abstand von mehreren Jahren durch den Kulturbund der DDR organisierten Zentralen Fachtagungen für Astronomie reichen daher nicht mehr aus, um die Probleme und Fragen eines jungen, zum Teil ohne fachliche Anleitung arbeitenden Amateurs zu beantworten. Daher sind auch die in letzter Zeit auftretenden Bestrebungen junger Amateure zu einer engeren Zusammenarbeit erklärlich. Seit der 7. Zentralen Fachtagung für Astronomie im Oktober 1974 wurden drei Jugendtreffen durchgeführt, deren erklärtes Ziel es war, Zusammenarbeit und regen Erfahrungsaustausch unter Jugendlichen zu ermöglichen.

Es bewies sich, daß bei den jungen Amateuren ein großes Interesse an einer engeren Zusammenarbeit sowie am Erfahrungsaustausch bestand. Diese Jugendtreffen konnten jedoch keine befriedigende Lösung darstellen, da die Veranstaltungen nicht zentral organisiert waren und unter zu geringer fachlicher Anleitung litten.

Im September 1975 informierte sich der Zentrale Ausschuß Astronomie in einer Tagung über die Bestrebungen und Aktivitäten der jungen Amateure. Die Jugendlichen Gerburg Unger (FG Apolda), Dietmar Böhm (Nessa) und Hartmut Röllig (FG Potsdam), die über die bisherige Tätigkeit der Jugendlichen berichteten, baten den ZFA um eine noch wirksamere Unterstützung der Jugendarbeit. Der ZFA anerkannte die Notwendigkeit einer Verbesserung und Verstärkung der amateurastronomischen Jugendarbeit und sicherte eine Unterstützung zu. Dies entspricht auch dem Jugendgesetz der DDR und der Satzung des Kulturbundes. Der ZFA stellt als zuständiges Organ des Kulturbundes den gesellschaftlichen Partner für die jungen Amateurastronomen dar, und nur über ihn ist die Gewährleistung einer guten Jugendarbeit möglich. Als Beispiel sei das erste zentrale Jugendtreffen in Jena, das Ansprechen aller jungen Amateure sowie die fachliche Unterstützung ihrer Vorhaben durch die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“, genannt.

Der nächste Schritt des ZFA auf diesem Gebiet wird die Unterstützung eines amateurastronomischen Jugendlagers im August 1976 in Apolda sein. Der ZFA setzt durch seine Unterstützung großes Vertrauen in die Jugend und eröffnet ihr neue Möglichkeiten. Auf uns junge Amateurastronomen wird es nun ankommen, durch zielgerichtete und immer bessere Arbeit dieses Vertrauen zu rechtfertigen.

HARTMUT RÖLLIG

Zentrales Treffen junger Amateurastronomen im Februar 1976

Vom 7. bis 8. Februar fand in Jena-Lobeda das vom Zentralen Ausschuss Astronomie veranstaltete erste zentrale Treffen junger Amateurastronomen statt. Es stand unter der Thematik: „Aufgaben, Möglichkeiten und Ziele der Amateurastronomie“. Die Beteiligung war recht gut, es waren etwa 65 Amateure anwesend. Alle Bezirke der



DDR waren wie folgt vertreten (nur aus 47 angemeldeten Teilnehmern ermittelt): Rostock 3, Schwerin 1, Neubrandenburg 1, Potsdam 4, Magdeburg 3, Frankfurt/O. 1, Berlin 3, Halle 4, Leipzig 1, Cottbus 3, Erfurt 9, Gera 4, Suhl 2, Karl-Marx-Stadt 2, Dresden 6. Das Durchschnittsgeburtsjahr der Teilnehmer unter 30 Jahren (das waren 90% der Anwesenden) war 1955,5. 75% der Teilnehmer sind Mitglied des Kulturbundes. 63% der Teilnehmer sind an Sternwarten oder in Fachgruppen tätig, während 37% als Einzelamateure arbeiten.

Der erste Tag des Treffens war hauptsächlich den grundsätzlichen sowie den organisatorischen Problemen gewidmet. Dr. Lindner, Gerburg Unger (FG Apolda), Dietmar Böhme (Nessa) und Hartmut Röllig (FG Potsdam) sprachen zu folgenden Problemen:

- Entwicklung, Probleme und Ziele der Amateurnarbeit
- Jugendastronomie im ZFA
- Informationsfluß unter den Amateuren

Diese Beiträge wurden durch Diskussionen ergänzt. Es konnten erforderliche Maßnahmen zur Bereicherung der Amateur- und Jugendarbeit ermittelt werden, mit deren Realisierung sich der ZFA in der nächsten Zeit befassen

wird, z. B. mit der Gründung neuer Arbeitskreise. Aber es ging nicht nur um organisatorische Probleme, auch die fachliche Seite wurde berücksichtigt. Dr. S. Marx sprach zum Thema „Auf welchen Gebieten kann der Amateur heute noch sinnvoll tätig sein?“ Dieser Beitrag fand breiten Anklang und bot Stoff für eine rege Diskussion. Am nächsten Tag sprach Bfr. H. Busch über Veränderlichenbeobachtung durch den Amateur. Den Abschluß bildete ein Beitrag von Jürgen Rendtel zur Auswertung der zentralen Perseidenbeobachtung 1975.

Neben den Beiträgen der Referenten wurde auch noch ein breiter Raum für den Erfahrungsaustausch gelassen, und so hatten sich schon bald mehrere Interessengruppen zusammengefunden, um ihre Probleme zu diskutieren. Das Treffen verlief insgesamt in einer guten und auch jugendgemäßen Atmosphäre. Den gesetzten Zielen wurde entsprochen und es wurden Resultate erzielt, die teilweise richtungweisend für die nächste Zeit sind. Wünschenswert erscheint, auch in Zukunft solche Treffen durchzuführen, denn sie tragen maßgeblich zur Vertiefung der Amateur- und Jugendarbeit bei.

HARTMUT RÖLLIG

Aus der Literatur

Überschnelle Pulsare

Zwölf Pulsare, die Geschwindigkeiten zwischen 170 000 und fast zwei Millionen Kilometer pro Stunde aufweisen, sind nach einer Mitteilung der amerikanischen National Science Foundation von Wissenschaftlern der Universität von Massachusetts mit Hilfe radioastronomischer Beobachtungen nachgewiesen worden. In der Sekunde legen diese Pulsare also rund 50 bis 550 Kilometer zurück. Diese Beobachtungen sind von zwei anderen Forschungsgruppen in England und den USA bestätigt worden. Demnach gibt es offensichtlich Pulsare, die sich nicht nur sehr rasch um die eigene Achse drehen, sondern sich zusätzlich mit extrem hoher Geschwindigkeit fortbewegen. Bei der beobachteten Geschwindigkeit kann ein Pulsar leicht die Schwerkraftanziehung der etwa 100 Milliarden Sterne unserer Milchstraße überwinden und in den intergalaktischen Raum entweichen.

Über die Ursachen für solche hohe Geschwindigkeit gibt es vorerst nur Spekulationen. Unter anderem wurde die Hypothese aufgestellt, daß ein Pulsar unter gewissen Voraussetzungen eine Art „Photonenrakete“ darstellt, bei der der Rückstoß nicht von einem heißen Gasstrahl herrührt, sondern durch die Abstrahlung von Licht- und Radiowellen hervorgerufen wird.

BZ, 12./13. 6. 76

Schnelles interstellares Objekt

Mit dem 25 m Radioteleskop in Dwingelow und dem 100-m-Teleskop auf dem Effelsberg wurde 0:4 vom galaktischen Zentrum entfernt eine interstellare kompakte OH-Quelle untersucht (α (1950) = $17^{\text{h}}43^{\text{m}}59^{\text{s}}$, δ (1950) = $-28^{\circ}44,2'$). Dabei ergab sich die unerwartet hohe Geschwindigkeit von 341 km/s auf den Ort der Sonne zu. Dies ist einer der höchsten Werte, die in der Galaxis überhaupt gemessen wurden. Die bisher bekannten Objekte mit derart hohen Geschwindigkeiten waren Sterne, hier handelt es sich aber um ein interstellares Objekt. Bisher ist die optische Identifizierung der Radioquelle nicht gelungen.

Sm.

Möglicher Apollo-Planetoid entdeckt

R. M. West gab am 3. 12. 1975 die Entdeckung eines Planetoiden bekannt. Auf einer 1 Stunde belichteten Platte vom 3. 10. 1975, erhalten mit dem 1-Meter-Teleskop von La Silla (ESO in Chile), fand West die Spur des Planetoiden. Der Planetoid bewegte sich in dieser Zeit um $6''$ in südwestlicher Richtung durch das Sternbild Sculptor. Das Objekt wurde auch auf einer 2 Tage später belichteten Platte gefunden. Die Helligkeit betrug etwa 10^{m} .

Vorläufige Berechnungen deuten auf einen Apollo-Planetoiden hin. Das Objekt erhielt die vorläufige Bezeichnung 1975 TB.

Aus: Zenit 2/76

Bestimmung der Größe der Pupille bei Dunkelheit

Wenn mit einem undurchsichtigen Streifen (s = Breite des Streifens) das Lichtbündel eines Sternes abgedeckt wird, so wird der Stern (mit abnehmender Lichtstärke) noch so lange sichtbar sein, bis die Breite s gleich dem Durchmesser d der Pupille ist. Wenn $s = d$, so ist der Stern mit unserem Auge nicht mehr zu erfassen. Durch die Benutzung eines keilförmigen Streifens wird die Errechnung der Gleichung $s = d$ erleichtert. Aus Abbildung 1 werden die Abmessungen ersichtlich.

Hinweis: Durch das Rohr wird ein gut sichtbarer Stern angepeilt; Voraussetzung ist, daß sich unser Auge an die Dunkelheit angepaßt hat. Daraufhin schiebt man den keilförmigen Streifen (mit dem Maß 2 mm) langsam nach unten. Der Streifen deckt immer mehr von der Pupille ab. Ist der Stern verschwunden, so ist $s = d$. Die Länge des Streifens kann abgemessen werden, sie steht im Verhältnis 10:1 zum Durchmesser der Pupille.

Aus: „meteor“ 75/1; S. 5, Budapest, übersetzt von Miklós Vlahosz.

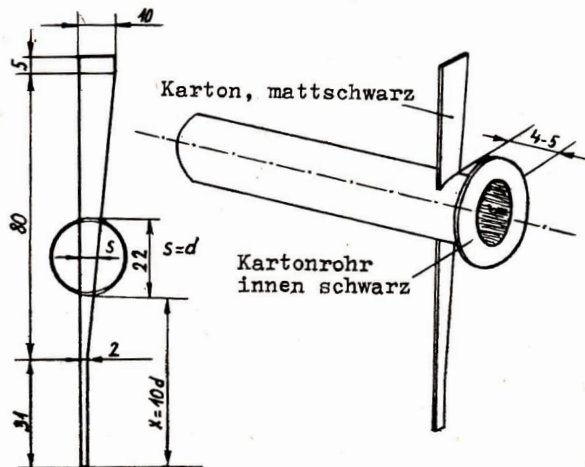


Abb. 1

Februar 1976 hatte 5 Sonntage

Seit Einführung des Gregorianischen Kalenders durch Papst Gregor XIII. im Jahre 1582 kam es erst 12 mal vor, daß der Februar 5 Sonntage hatte und zwar in den Jahren 1604, 1632, 1660, 1688, 1728, 1756, 1784, 1824, 1852, 1880, 1920 und 1976. Das nächste Mal tritt diese Erscheinung im Jahre 2004 ein.

Aus: Zenit 1/76

Kohlenmonoxid in der Galaxis M 82

Am Observatorium auf dem Kitt Peak (USA-Staat Arizona) gelang es erstmals, Kohlenmonoxid (CO) in Zentralgebieten entfernter Milchstraßensysteme nachzuweisen, berichtet die Zeitschrift „Umschau“ (Nr. 8/76). Mit dem Elfmeter-Radioteleskop konnte in der Galaxis M 82 eine Emissionslinie bei 2,6 mm Wellenlänge gefunden werden, die durch den Übergang zwischen zwei verschiedenen Rotationszuständen des CO-Moleküls entsteht. Inzwischen wurde die CO-Linie auch in anderen spiralförmigen Galaxien nachgewiesen. Die nähere Analyse der Linienstrahlung lieferte einen weiteren Beweis für die Annahme, daß sich die physikalischen Zustände in anderen Galaxien nicht grundlegend von den Verhältnissen in unserem Milchstraßensystem unterscheiden.

ND 24/25. 4. 76

Kohlenmonoxid in der Großen Magellanschen Wolke

Im Sommer 1975 wurde von Mitarbeitern des Queen Mary College (London) mit dem neuen 3,9 m Anglo-Australischen Teleskop (AAT) in New South Wales (Australien) die Anwesenheit von CO in der Großen Magellanschen Wolke angezeigt. Die Beobachtung wurde mit einem Spezialempfänger auf einer Wellenlänge von 2,6 mm durchgeführt. Diese Wellenlänge liegt im Grenzgebiet zwischen der Infrarot-Strahlung und der Radarstrahlung.

Aus: Zenit 3/76

Erdnaher Kleiner Planet

Der erste Kleine Planet, der 1976 entdeckt wurde, erhielt die Bezeichnung 1976 AA. Die Entdeckung gelang Eleonor Helin zwischen dem 7. und 10. Januar 1976 mit dem 45-cm-Schmidt-Teleskop des Palomar-Observatoriums. Die scheinbare Helligkeit von 1976 AA lag zum Zeitpunkt der Entdeckung zwischen der 13. und 14. Größenklasse. So gesehen handelte es sich keinesfalls um ein besonders bemerkenswertes Objekt.

Dies änderte sich aber sofort, als die Bahn von 1976 AA berechnet wurde. Marsden fand aus 27 verschiedenen Beobachtungen, daß sich der neue Kleine Planet bei einem mittleren Sonnenabstand von 0,96600 Astronomischen Einheiten bewegt mit einem Perihel von 0,79059 Astronomischen Einheiten und einem Aphel von 1,14141 Astronomischen Einheiten. Das Perihel wurde 1976 Mai 20. durchlaufen. Mit diesen Bahndaten muß eine sehr erdähnliche Umlaufperiode herauskommen. Sie beträgt 346,8 Tage, oder 20 Umläufe von 1976 AA entsprechen 19 Erdumläufen.

Der Kleine Planet wurde zum Zeitpunkt einer großen Erdnähe gefunden. Die Entfernung beider Himmelskörper lag etwa bei 20 Millionen Kilometer. Eine nächste sehr nahe Begegnung mit der Erde wird 1990 wieder stattfinden.

Sm.

Röntgenpulsar in der Kleinen Magellanschen Wolke

Der Pulsar SMC-XI, hat eine Periode von 0,7 s (84 Pulse min^{-1}). Dieser Pulsar ist der schnellste und der kräftigste von den 3 bekannten Doppelstern-Pulsaren. Er sendet etwa 10 mal soviel Energie wie die beiden anderen aus. Diese Resultate wurden von H. Friedmann vom US Naval Research Observatory veröffentlicht. Er entdeckte 1963 die erste kosmische Röntgenquelle (Sco-X 1).

Aus: Zenit 3/76

Neue Signale für Kommunikationsversuche mit extraterrestrischen Zivilisationen

Bisher wurden für Kommunikationsversuche mit extraterrestrischen Zivilisationen ausgewählte Frequenzen mit bestimmter Modulation und speziellem Code verwendet. Da jedoch Technik und Sprache als Produkt der Entwicklung der Zivilisation große Differenzen aufweisen können, müssen die Empfänger unserer Signale nicht unbedingt auf solche spezifischen Nachrichten „ansprechen“.

P. V. Makovetsky schlägt in seinem Artikel eine neue Art von Signalen vor, die ausschließlich aus der Natur abgeleitet sind: Die Frequenz einer bekannten Spektrallinie (z. B. f_H , f_{OH} , f_{H_2O}) wird mit einer mathematischen Konstanten (z. B. π , e , $\pi/2$, $\ln 2$) gekoppelt. Als „Kopplung“ können beispielsweise Multiplikation oder Division fungieren, so daß ein Signal folgender Form entsteht:

Signal = physikalische Konstante gekoppelt mit mathematischer Konstante.

Die Genauigkeit für solche Signalkanäle ist beliebig; wir kennen π auf 10000 Stellen.

Ein solches Signal ist streng monochromatisch, so daß die Energie konzentriert werden kann und die Reichweite größer wird als mit herkömmlichen Signalen. Weiterhin setzt der Übergang von z. B. der 21-cm-Linie des Wasserstoffs auf π mal 21 cm den Kanal von den Störungen seitens des interstellaren Wasserstoffs frei. Um verschiedene Effekte auszuschließen (Doppler-Effekt u. ä.), schlägt der Autor Zwei-Wellen-Signale vor: $f_H \cdot \pi$ und f_H/π .

J. R.

Aus: Astr. Zörn., 53 (1976), 1, 221–224.

Amalthea hat „normale“ Temperatur

Amalthea (Jupitermond V) hat eine Umlaufzeit um Jupiter von 12 Stunden. Mit seiner Helligkeit von 13^m ist er bei seinem kurzen Abstand zu Jupiter schwer zu beobachten.

Dem amerikanischen Astronom G. Rieke (Universität von Arizona) ist es gelungen, durch Infrarot-Messungen im Wellenlängenbereich zwischen $8 \cdot 10^{-3}$ und $21 \cdot 10^{-3}$ nm, die Temperatur zu ermitteln. In diesem Bereich wird nicht mehr das vom Monde reflektierte Sonnenlicht gemessen, sondern hauptsächlich die eigene Wärmestrahlung. Die Energieverteilung dieser Strahlung hängt stark von der Oberflächentemperatur ab. Auf diese Weise bestimmte Rieke die Oberflächentemperatur von Amalthea zu etwa 155 K. Dieser Wert stimmt überein mit dem auf Grund des Sonnenabstandes berechneten.

Rieke weist deshalb die Behauptung zurück, daß Amalthea durch energiereiche Teilchenstrahlung in der direkten Umgebung von Jupiter stark erwärmt wird, denn dann müßten Temperaturen von etwa 270 K erreicht werden. Aus diesen Messungen wurde weiter abgeleitet, daß die Albedo 0, 1 und der Durchmesser etwa 240 km betragen.

Aus: Zenit 3/76

Planeten als „Sonden“ für Helligkeitsvariationen der Sonne

Am Lowell-Observatorium wurden seit 1972 die Helligkeiten von Uranus, Neptun und dem Saturnmond Titan fotoelektrisch überwacht. Die systematische Überwachung wurde in schmalen Wellenlängenbereichen bei 4720 Å und 5510 Å durchgeführt. Für die drei Himmelskörper konnte in jeweils beiden Spektralbereichen eine Helligkeitszunahme beobachtet werden. Für Uranus betrug sie im blauen Licht 0,021 Größenklassen, für Titan sogar 0,076 Größenklassen. Dafür können nach Lockwood zwei Erklärungsmöglichkeiten vorhanden sein:

1. Da die Planeten und ihre Monde im reflektierten Licht der Sonne strahlen, könnte ein Anwachsen der Leuchtkraft der Sonne die Ursache für die beobachtete Helligkeitszunahme bei Uranus, Neptun und Titan sein.
2. Es ist bekannt, daß die Röntgenstrahlung der Sonne variiert. Diese Änderungen im kurzwelligen Spektralbereich könnten durch fotochemische Prozesse geringe Veränderungen der Reflexionseigenschaften von Uranus, Neptun und Titan hervorgerufen haben.

Es kann auf der Grundlage der bekannten Beobachtungsdaten nicht entschieden werden, ob eine der beiden Deutungen richtig ist.

Sm.

„Physik und Entwicklung der Sterne“: Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten

Bereits seit einigen Jahren arbeiten die Astronomen der sozialistischen Staaten auf dem Gebiete der Stellarastrophysik zusammen. Die Grundlage für diese Zusammenarbeit bildeten zweiseitige Verträge zwischen den Akademien der Wissenschaften, die einen devisaellen Austausch der Astronomen ermöglichen. So arbeitete z. B. die Abteilung für Stellarastrophysik des Astronomischen Institutes der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften (CSAV) mit den Astronomen der Sowjetunion, Bulgariens, Rumäniens und der DDR zusammen.

Die Stellarastrophysik ist jedoch ein sehr umfassendes Gebiet, das sich in allen Ländern, in denen Astronomie betrieben wird, rasch entwickelt. In den letzten Jahren zeigte es sich, daß das bisherige System der Verträge nicht mehr genügt. Aus diesem Grunde verhandelten 1973 die Vorsitzenden der Akademien, um auf dem Gebiete der Stellarastrophysik zu einem System der internationalen Zusammenarbeit überzugehen, ähnlich dem der Weltraumforschung, wo bereits seit längerer Zeit eine Zusammenarbeit mehrerer Staaten „Interkosmos“ genannt, besteht. Die neue Art der Zusammenarbeit erhielt die Bezeichnung „Physik und Entwicklung der Sterne“.

Schon im Februar 1974 tagten die Vorsitzenden der Stellarastrophysik in Kaluga (UdSSR), um den Inhalt und die Organisation dieser Zusammenarbeit zu bestimmen. Die Delegation der CSSR bestand aus dem korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften der CSSR L. Perek (Astronom. Institut Prag), Dr. J. Tremko (Astronom. Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Tatranská Lomnica) und aus S. Kříž (Astronom. Institut, Ondřejov).

Die Organisation der Zusammenarbeit gestaltet sich wie folgt: An der Spitze steht eine Problemkommission, deren Mitglieder Masewski (UdSSR, Vorsitzende), Nikolov (Bulgarien), Perek (CSSR), Balász (Ungarn), Ruben (DDR), Paszyński (Polen), Popovici (Rumänien), Dluhshnevska (UdSSR, stellvert. Vorsitzende), Ergma (UdSSR, Sekretär) sind. Die Problemkommission verhandelt jährlich einmal. Die Problematik der Zusammenarbeit wird in 6 Themenkreise eingeteilt, jeder wird von einer bestimmten Akademie koordiniert. Jeder Themenkreis ist einer Unterkommission anvertraut, deren Vorsitzender der Koordinator der betr. Akademie der Wissenschaften ist, wie aus der nachstehenden Übersicht hervorgeht:

Unterkommission	Koordinator	Vorsitzender
1 Frühstadien der Sternentwicklung	ČSSR	Kříž
2 Spätstadien der Sternentwicklung	Polen	Paczyński
3 Nichtstationäre Sterne	Ungarn	Szeidl
4 Magnetische Sterne	DDR	Schöneich
5 Doppelsterne	Rumänien	bisher unbesetzt
6 Sternhaufen und Assoziationen	Bulgarien	Popova

Jede Unterkommission trifft sich alle zwei oder drei Jahre. Auf dem Programm steht eine Wertung der bisherigen Arbeit und ein Plan für die Tätigkeit der nächsten Zeit. Das Programm der Zusammenarbeit ist überaus reichhaltig. Außer dem Austausch wissenschaftlicher Mitarbeiter und der Arbeit auf dem Gebiet gemeinsamer Probleme ist z. B. die Herausgabe eines gemeinsamen Sammelwerkes über die Arbeit und der regelmäßig stattfindenden wissenschaftlichen Symposia beabsichtigt.

Az.

Aus: „Rise Hvězd“, 1975, Nr. 6, S. 105–106.

Vela X 1

Astrophysiker des Massachusetts Institute of Technology haben weitere Vermessungen an dem Neutronenstern „Vela X 1“ vorgenommen. Man nimmt an, daß sein Durchmesser nur 15 km beträgt, er aber die 1,7fache Masse der Sonne in sich vereinigt! Ein erbsengroßes Teilchen von ihm würde eine Masse von etwa einer Milliarde Tonnen besitzen! Aus der mit dem Satelliten SAS 3 (1975-37A) untersuchten Röntgenstrahlung dieses Objektes geht hervor, daß diese mit einer Periode von 283 Sekunden pulsiert. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um die Rotationszeit des Sterns.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 2/76

Projekt Kosmos-Station

Wissenschaftler der NASA und der Stanford-Universität halten es für möglich, bis 1990 mit einem Kostenaufwand von 100 Milliarden Dollar eine große Station im Kosmos zu errichten, auf der etwa 10000 Menschen leben und arbeiten könnten. Ihre Hauptaufgabe wäre es, die Erde mit Energie zu versorgen. Die Station in Form eines riesigen Rades mit einem Durchmesser von 1,5 km soll die Erde in 384000 km Entfernung umkreisen. Zahlreiche in der Nähe „stationierte“ Hohlspiegel sollen die Sonnenstrahlung bündeln und zur Station leiten. Dort wird die Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt und in Form von Mikrowellen zur Erde übertragen. Damit könnte man einen großen Teil der Energieversorgung der Erde durch solare Energie decken. Auf der Station, auf der durch Rotation künstliche Schwerkraft erzeugt wird, ließe sich die Besatzung durch den Anbau von Getreide, Gemüse und anderer Lebensmittel fast autonom ernähren, da auch der Station selbst genügend Sonnenenergie zur Verfügung stehen würde.

Aus: „Flieger-Revue“, Heft 1/76

Hinweise auf einige besondere Himmelserscheinungen

Der belgische Astronom Jean Meeus beschäftigt sich u. a. mit Computer-Vorausrechnungen von Himmelserscheinungen. Im folgenden wird zuerst auf einige interessante Erscheinungen ab Mai 1976 bis zum Jahresende verwiesen:

11. Mai: Um 15 Uhr MEZ findet zwischen Venus und Jupiter eine Konjunktion von nur 10' Abstand statt. Bedauerlicherweise findet dieses Ereignis in dem geringen Abstand von 10° von der Sonne statt.

18. Juni: Um 5 Uhr befindet sich Venus in der oberen Konjunktion. Interessant ist, daß die Sonne dabei Venus „bedeckt“. Weitere Bedeckungen werden 1984, 1992, 2000, 2008 usw. stattfinden. Möglicherweise ist diese Erscheinung in einem Koronagrafen zu beobachten.

2. Juli: Um 2 Uhr befindet sich Neptun in Konjunktion mit dem Stern SAO 184579 (84). Der Abstand beträgt nur 39'.

5. Oktober: Mars befindet sich mit Uranus in heliozentrischer Konjunktion. Mit anderen Worten: Vom Uranus aus würden wir einen Marsdurchgang, d. h. einen Vorübergang an der Sonnenscheibe, beobachten können.

23. Oktober: Die Totalitätszone bei der Sonnenfinsternis wird die Zweimillionenstadt Melbourne überqueren. In diesem Jahrhundert hat die Totalitätszone nur bei 12 Sonnenfinsternissen den Bereich von Städten mit mehr als 2 Mill. Einwohnern überquert. Das letzte Mal war dies bei Lima am 12. 11. 1966 der Fall, das nächste Mal wird der Kernschatten des Mondes am 11. 7. 1991 über Mexiko City verlaufen.

25. 11. Mars befindet sich in Konjunktion mit der Sonne und wird von dieser „bedeckt“.

Vorschau für die Zeit bis zum Jahre 2004

1979 – Dreifache Konjunktion von Mars mit Regulus.

1980 – Dreifache Konjunktion des Mars mit Jupiter, die letzte dieser Art fand von 1836–37 statt.

1981 – Dreifache Konjunktion des Jupiter mit Saturn. Die letzte ereignete sich von 1940–41, die nächste wird von 2238 bis 2239 eintreten.

1982 – Drei totale Mondfinsternisse in einem Kalenderjahr. Im 20. Jahrhundert war dies nur noch 1917 der Fall. Erst im 25. Jahrhundert, u. zw. i. J. 2485, werden wieder drei totale Mondfinsternisse in einem Jahr eintreten.

1983 – Dreifache Konjunktion des Jupiter mit Antares.

1984 – Am 11. Mai könnte man vom Mars aus den Vorübergang der Erde vor der Sonnenscheibe beobachten („Erddurchgang“). Das letzte Mal war dies am 8. 5. 1905 der Fall, das nächste Mal wird dieses Ereignis am 10. 11. 2084 eintreten.

1985 – Neptun erreicht die größte südliche Deklination seit seiner Entdeckung i. J. 1846.

1986 – Dreifache Konjunktion des Saturn mit Antares.

1986 – Am 9. 2. ereignet sich der Periheldurchgang des Kometen Halley. Der letzte fand 1910 statt.

1988 – Dreifache Konjunktion der Planeten Saturn und Uranus.

1988 – Saturn im Aphel. Die letzte fand 1959 statt, die nächste wird 2018 eintreten.

1989 – Uranus erreicht die größte südliche Deklination.

1989 – Am 12. 9. erreicht Pluto das erste Perihel seit der Entdeckung i. J. 1930.

1989 – Dreifache Konjunktion der Planeten Saturn und Neptun.

1993 – Dreifache Konjunktion der Planeten Uranus und Neptun.

1994 – Am 25. 8. erreicht der Planetoid Geographos (1820) mit 0,034 AE (= 5,0864 Mill. km) den geringsten Abstand von der Erde.

1996 – Am 6. Mai befindet sich Venus in diesem Jahrhundert in der größten nördlichen Deklination (+27°45').

2000 – Im Gegensatz zu den Jahren 1900, 1800 und 1700 wird das Jahr 2000 ein Schaltjahr sein – entsprechend der Festlegung nach der gregorianischen Kalenderreform.

2004 – Am 8. Juni wird wieder ein Venusdurchgang stattfinden. Der letzte war am 6. 12. 1882, der nächste wird am 5./6. 6. 2012 eintreten.

A. Z.

Nach: „Říše hvězd“, 1975, Heft 12, S. 230–231

Buchbesprechungen

Raumfahrt für die Erde

Dieser Sammelband enthält 18 Einzelbeiträge von bekannten Kosmos-Wissenschaftlern der UdSSR und der DDR. 9 Beiträge wurden von sowjetischen und 9 von DDR-Wissenschaftlern verfaßt. Behandelt werden Themen wie: Raumfahrt und wissenschaftlich-technischer Fortschritt; Höhenraketen der UdSSR in der Weltraumforschung; Bordbetriebssysteme in Raumflugkörpern; Steuerung von Raumflugkörpern; Telemetrie und Nachrichtentechnik im Weltraum; Strahlungsmessungen zur Fernerkundung aus Raumflugkörpern; Fotografische Verfahren und Geräte zur Fernerkundung der Erde; Erkundung von Rohstoffquellen aus dem Weltraum; Beobachtungen von Umweltveränderungen aus erdruher Umlaufbahn; Raumflugkörper im Dienste der Meteorologie; Ozeanologische Erkundungen aus der Erdumlaufbahn; Nutzung künstlicher Satelliten für Geodäsie und Navigation; Bedeutung der Erforschung des irdischen Raumes für den Menschen; Extraterrestrische Astronomie und Astrophysik; Mondforschung zum Nutzen der Geowissenschaften; Neuere Aspekte zur Entstehung des Planetensystems; Nutzung der Raumfahrtphysiologie und Stand und Probleme des Weltraumrechts.

Zahlreiche Bilder, Schemazeichnungen und Tabellen tragen zum Verständnis des Textes bei. Am Schluß dieses 320 Seiten umfassenden Buches finden wir noch 17 Farbaufnahmen zu einzelnen Beiträgen.

Die Beiträge sind vom Niveau aus gesehen unterschiedlich. Die Artikel der meisten sowjetischen Autoren sind allgemeinverständlich geschrieben, so daß jeder an der Raumfahrt interessierte Leser sie ohne weiteres verstehen kann. Fast alle Kapitel der DDR-Autoren gleichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen wie sie in Fachzeitschriften zu lesen sind. Zum vollen Verständnis benötigt der Leser ein nicht unbedeutendes mathematisches Wissen. Es wäre deshalb anzuraten, daß beim vorgesehenen zweiten Band dieser Reihe die Herausgeber ein einheitliches, leicht verständliches Niveau anstreben, um einen möglichst breiten Leserkreis anzusprechen.

Trotz dieses Mangels ist das Buch empfehlenswert, da es eine spürbare Lücke auf unserem Büchermarkt schließen hilft, nämlich die exakte Information über den Nutzen der Raumfahrt für die Erde.

Ein kleiner Schönheitsfehler sei vermerkt:

Auf dem Schutzumschlag ist das Bild der Erde um 90 Grad gekippt, was einen ungewohnten Eindruck hervorruft.

KARL-HEINZ NEUMANN

Weltraum und Erde, Band 1: Raumfahrt für die Erde. Autorenkollektiv; herausgegeben von H. Wittbrodt, H. Mielke, G. Narimanow und J. Salzew, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 26,80 Mark.

„Sojus-Apollo 1975“

In der Reihe „akzent“ des Urania-Verlags, Leipzig, Jena, Berlin, erschien Ende Oktober 1975 die Broschüre „Sojus-Apollo 1975“, verfaßt von Karl-Heinz Eyermann. Auf 128 Seiten werden hier der Ablauf, die Aufgaben und Ziele des Fluges, seine Technik und die Vorarbeiten, die dieses erste bilaterale Unternehmen der beiden führenden Raumfahrtnationen ermöglichen, behandelt. Ein besonderer Vorzug dieser Broschüre ist ihre gute Bebilderung, hervorzuheben sind auch die fast ausschließlich farbigen Grafiken. Der Text ist leicht verständlich und flüssig geschrieben, als Massenbroschüre mit einer Auflage von 40000 erfüllt sie sicher ihren Zweck. Man verzeiht deshalb gern einige Abweichungen von der in der Raumfahrt üblichen Terminologie.

KARL-HEINZ NEUMANN

Unsere Autoren:

I. S. Schklowski, Korresp. Mitglied der AdW der UdSSR, Leiter der Abt. Astrophysik und Radioastronomie des Instituts für Kosmosforschung der AdW der UdSSR. — Dr. D. B. Herrmann, 117 Berlin, Birnbaumer Str. 43 — Ing. E. Rothenberg, 115 Berlin, Pilsener Str. 34 — Dr. Paul Ahuert, 64 Sonneberg, Sternwarte — Karlheinz Müller, 9362 Drebach, Sternwarte — Martin Müller, 728 Ellenburg, Sternwarte — Dr. Martin Leo, 45 Dessau 6, Thälmannallee 66 — Jürgen Rendtel, 15 Potsdam, Fichtestr. 5 — Martin Dietrich, 8122 Radebeul, Augustusweg 101 — Karsten Kirsch, 69 Jena — Gerd Renner, 69 Jena — Andre Ling, 15 Potsdam, Kl. Weinmeisterstr. 14 — Dietmar Böhme, 4851 Nessel, Nr. 11 — H. Künzel, Zentralinstitut für Solar-terrestrische Physik der AdW der DDR, Sonnenobservatorium Einsteinstr. 1502 Potsdam-Babelsberg — Dr. Siegfried Marx, 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium — Prof. Dr. G. Reintanz, 402 Halle (Saale) — Hartmut Röllig, 1502 Potsdam-Babelsberg — Arnold Zenkert (Übersetzungen), 15 Potsdam, Seestr. 17 — Miklos Vlahos (Übersetzung), 50 Erfurt, Schwerborner Str. 3 — Karl-Heinz Neumann, 1056 Berlin, PSF 34.

EVP 1,50 M
PZV 31052

5¹⁹⁷⁶ **Astronomie und Raumfahrt**



INHALT

Auf den Spuren antiker Astronomen (III) · Dr. D. B. Herrmann/Ing. E. Rothenberg	129
Das Problem der außerirdischen Zivilisationen und seine philosophischen Aspekte (Fortsetzung und Schluß) · I. S. Schklowski	133
Fehlerquellen, Fehlerbestimmung und Fehlervermeidung · Dr. Paul Ahnert	137
Die Entwicklung der sowjetischen Nachrichtensatelliten · H. D. Naumann	141

Amateure beobachten und berichten

Durchführung und Auswertung von Sonnenbeobachtungen · Hans Glombik	144
--	-----

Bildseiten

Gratulation zum 80. Geburtstag für Edgar Otto — Abb. des Kometen West (1975 n), von Nova Cygni 1975, von einer Mond-Venus-Konjunktion sowie eine Sternspuraufnahme	I—IV
--	------

Hinweise zur Auswertung eigener Aufnahmen des Kometen West · Heinz Albert	152
Beobachtungen des Kometen West (1975 n) · H. Busch/K. Häußler	152
Nova Cygni 1975 (aus „Harthaer Beobachtungs-Zirkular“ Nr. 60—63)	153
Meine Finsternisbeobachtung vom 29. 4. 1976 · Ursula Seliger	154
Himmelsaufnahmen mit der Kleinbildkamera · Bernd Zill	154
Gradanzeigergerät für azimutal montierte Fernrohre · André Winzer	156

Junge Amateure

Visuelle Beobachtung der Nova Cyg (V 1500 Cyg) · Dietmar Böhme	158
Beobachtung des Kometen West · Kerstin Reichenbächer	160

Aus der Literatur

DDR-Wissenschaftler im Interkosmosprogramm	160
Weitreichender Magnetschweif Jupiters — Sternhaufen Omega mit schwarzem Loch? — Objekt 1976 AA	3. Umschlagseite

Buchbesprechung

Geschichte der Astronomie	3. Umschlagseite
-------------------------------------	------------------

Redaktionschluß: 15. 7. 1976

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Pflaß (stellv. Chefredakteur, Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; Ol. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 2829744. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3—4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

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

Auf den Spuren antiker Astronomen (III)

Dr. D. B. HERRMANN/Ing. E. ROTHENBERG

1. Orientierung auf der Erde

Die Altmeister der astronomischen Beobachtungskunst begnügten sich bei ihren ausgeklügelte-sorgfältigen Himmelsbetrachtungen nicht mit dem Resultat, sich in der Zeit und in den Tiefen des Raumes (die allerdings einstweilen konkret bei Sonne und Mond endeten) zurechtzufinden; ihnen ging es ebenso um das Naheliegende: die Erde. Deren Dimension war ebenso von Interesse wie die Kunst, sich auf ihr zu orientieren. Daß sich unser Standpunkt auf der Erdoberfläche im Anblick des gestirnten Himmels spiegelt, ist einer der entscheidenden Gründe für die enge Verflechtung zwischen astronomischer Forschung und gesellschaftlichen Interessen.

Es ist anzunehmen, daß die ersten Versuche, sich auf wissenschaftlichem Wege Gewißheit über die Abmessungen des Erdkörpers zu verschaffen, schon aus dem 5. Jh. v. u. Z. stammen. Jedoch ist darüber wenig bekannt. Besser sind wir über die berühmte Erdmessung des Eratosthenes (276 bis 195 v. u. Z.) informiert. Man liest oft, daß dieser berühmte antike Gelehrte beobachtet habe, wie sich die Sonne in Syene (dem heutigen Assuan) zum Sommeranfang in tiefen Brunnen spiegelt, während sie in Alexandria zur gleichen Zeit eine Zenitdistanz von $7,2^\circ$ aufweist. Möglicherweise ist Eratosthenes durch eine solche Beobachtung tatsächlich zu seiner genial-einfachen Bestimmung des Erdumfanges angeregt worden. Sicherlich hat er aber die Beobachtung nicht bereits als unmittelbares Material benutzt. Vielmehr verwendete er zur Sonnenhöhenmessung sehr wahrscheinlich die Skaphe, eine nach oben offene Hohlkugel mit einem Gnomon in der Mitte. Durch einen im Innern der Hohlkugel markierten Halbmeridian läßt sich aus der Schattenlänge des Gnomons dessen Verhältnis zur Halbmeridian bestimmen. Hierbei zeigte sich nun, daß die Länge des Mittagsschattens zum Sommersanfang für Syene, das am nördlichen Wendekreis gelegen ist, Null beträgt (Sonne im Zenit), während sie für Alexandria zur gleichen Zeit $\frac{1}{50}$ des Meridians ($= 7,2^\circ$) ausmacht. Eratosthenes führte nun etwa die folgende Überlegung aus: wenn Alexandria und Syene auf demselben Längengrad liegen (was annähernd erfüllt ist) und die Sonnenstrahlen parallel auf die Erde treffen, so muß der Bogen des Schattens in Alexandria dem Bogen auf der Erdoberfläche zwischen Syene und Alexandria entsprechen. Kennt man nun außerdem noch den linearen Abstand zwischen den beiden Orten der Messung (D), so kann man den Erdumfang U aus der Beziehung $7,2^\circ/360^\circ = D/U$ ermitteln.

Für den Erdumfang ergab sich unter Zugrundelegung von 5000 Stadien für die Entfernung zwischen Syene und Alexandria ein Wert von 250000 Stadien. Verschiedene Autoren haben sich nun um die Frage bemüht, was unter einem antiken „Stadium“ zu verstehen sei. Das Ziel dieser Historiker bestand meist darin, die hohe Genauigkeit der Messung des Eratosthenes, verglichen mit modernen Werten, herauszustellen. Doch nicht darauf kommt es an. Von viel höherem Wert ist das prinzipielle Herangehen des antiken Gelehrten und sein im Großen und Ganzen zutreffendes Ergebnis. Das Resultat von Eratosthenes genöß bis ins 18. Jh. hinein größte Autorität und wurde hinsichtlich seiner Genauigkeit erst durch die Messungen von Picard (1761) übertroffen. Dabei verfuhr Picard im Prinzip ebenso wie Eratosthenes. Allerdings verwendete er wesentlich größere Sorgfalt auf die Abstandsbestimmung seiner beiden Meßpunkte nördlich und südlich von Paris. Außerdem bestimmte er die Polhöhendifferenz zwischen den beiden Orten mit einem Präzisionsmeßgerät, einem Quadranten mit Fernrohr und Fadenkreuz.

Von grundlegender Bedeutung für die Orientierung auf der Erde ist die Tatsache, daß man infolge der scheinbaren Rotation des Himmels mit Hilfe von Sternbeobachtungen auch Längenbestimmungen vornehmen kann. Da es für die Methodik gleichgültig ist, ob sich der Sternhimmel um die Erde bewegt oder die Erde um ihre Achse rotiert, wußte man dies bereits in der Antike. Die Genauigkeit antiker Längenbestimmungen ist allerdings sehr gering gewesen, was verständlich wird, wenn wir uns dem Prinzip der Längenbestimmungen näher zuwenden. Hierbei benutzen wir wieder den Begriff der mittleren Sonne. Sie benötigt bekanntlich eine Stunde, um vom Meridian irgendeines Bezugsortes zum Meridian eines anderen Ortes zu gelangen, der 15° westlich des Vergleichsortes gelegen ist. Für Orte, die 15° östlich vom Vergleichsmeridian liegen, tritt der Meridiandurchgang der Sonne bereits eine Stunde früher ein. Stellen wir uns nun vor, wir bestimmen den Zeitpunkt des Durchgangs der mittleren Sonne für irgendeinen Ort und stellen unsere Uhr für diesen Zeitpunkt auf 12h. Würden wir unser Experiment mit dieser nach Sonnenbeobachtungen gestellten Uhr 15°

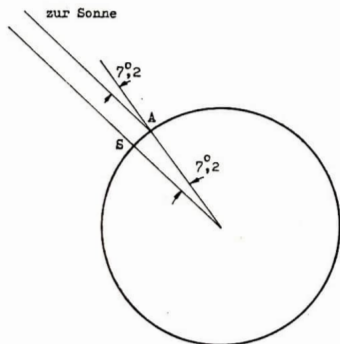


Abb. 1, rechts: Eratosthenes. Abb. 2, links: Zur Methode der Erdumfangbestimmung nach Eratosthenes.

westlich unseres ursprünglichen Beobachtungsortes wiederholen, so müßten wir feststellen, daß unsere Uhr genau eine Stunde vorgeht. Da wir jedoch wissen, auf welche Weise wir unsere Uhr gestellt haben, schließen wir hieraus unmittelbar, daß wir uns 15° westlich unseres Vergleichsmeridians befinden. Es besteht also ein einfacher Zusammenhang zwischen geographischer Länge und Ortszeit: multipliziert man die Ortszeitdifferenz zweier Orte, gemessen in Stunden, mit 15° , so erhält man die Längendifferenz der beiden Orte. In der Antike war diese Methode ersichtlich deswegen praktisch kaum anwendbar, weil es viel zu schwierig gewesen ist, die Ortszeit eines Bezugsmeridians „mitzuführen“.

In der Epoche der Renaissance, die mit dem sich ausweitenden Seehandel einen lebhaften Bedarf an Methoden zur Längenbestimmung auf See aufwies, war die Situation jedoch anders: zwar fehlte es ungeachtet der bereits erfundenen Uhren auf mechanischer Grundlage noch immer an hinreichend genauen Zeitmessern (Chronometern), jedoch bestand außerdem die Möglichkeit, die Ortszeit eines Bezugsmeridians unmittelbar von der „Himmelsuhr“ abzulesen. Hierzu sind alle Vorgänge am Sternhimmel geeignet, die sehr plötzlich einsetzen und für die man den Zeitpunkt ihres Beginns oder Endes auf einen bestimmten Meridian bezogen im Voraus berechnen kann. Dies trifft beispielsweise auf Sonnen- und Mondfinsternisse, Sternbedeckungen durch den Mond oder (nach Erfindung des Fernrohrs) Verfinsterungen der Jupitermonde zu. Weiß man nämlich, zu welchem Zeitpunkt diese Ereignisse für einen Bezugsmeridian eintreten, so ist es lediglich noch erforderlich, den Zeitpunkt der Ereignisse mit einer nach Ortszeit des jeweiligen Beobachtungsortes laufenden Uhr zu bestimmen.

So plausibel diese Methode im Prinzip auch anmutet, so kompliziert ist ihre Anwendung in der Realität: Sonnen- und Mondfinsternisse sind ihrer Seltenheit wegen ein weithin unbrauchbares Hilfsmittel. Die Vorherberechnung von Sternbedeckungen durch den Mond oder Mondkulminationen setzt die vollständige theoretische Beherrschung der Mondbewegung voraus. Außerdem sind natürlich komplizierte Korrekturen erforderlich, die sich u. a. aus der merklichen Parallaxe des Mondes ergeben. Die Beobachtung von Verfinsterungen der Jupitermonde mit Hilfe eines Fernrohrs sind vom schwankenden Deck eines Schiffes nur äußerst unvollkommen realisierbar.

Das außerordentlich starke gesellschaftliche Interesse an der Lösung des Problems der Längenbestimmung auf See kommt u. a. in mehreren hochdotierten Preisen zum Ausdruck, die von den Regierungen der seefahrenden Nationen für geeignete Vorschläge immer wieder ausgesetzt wurden. Die berühmte englische Sternwarte Greenwich verdankt ihre Entstehung dem Interesse der Nation an der Seefahrt, denn sie sollte durch wissenschaftliche Forschungen jene astronomischen Unterlagen bereitstellen, die für die Navigation erforderlich waren, d. h. vor allem Tafeln der Mondbewegung und genaue Sternkarten. Das Observatorium blieb diesem Anliegen bis in unsere Tage hinein verpflichtet. Der von Greenwich seit 1767 herausgegebene „Nautical Almanac“ ist das äußerlich sichtbare Zeichen dieses Engagements der Sternwarte im Dienste der Seefahrt.

Berühmt ist der Preis, den das britische Parlament im Jahre 1714 demjenigen in Aussicht stellte, dem es gelingen sollte, eine Methode der Längenbestimmung auf See zu finden, die es gestattet, die Länge eines Schiffes bis auf $0,5^\circ$ oder 30 nautische Meilen genau zu bestimmen. Dafür wurden nicht weniger als 20000 Pfund bereitgestellt (in heutiger Währung etwa $\frac{1}{2}$ Million Mark). Die Ergebnisse waren vielfältig: einerseits wurden große Anstrengungen zur Entwicklung einer präzisen Theorie der Mondbewegung unternommen. Gemeinsam mit Leonhard Euler, dem damals in Petersburg (heute Leningrad) wirkenden schweizerischen Mathematiker, war daran vor allem Tobias Mayer beteiligt. Andererseits bemühte sich der geniale Praktiker des Uhrenbaus, John Harrison, um die Herstellung von Präzisionschronometern, die eine „Mitnahme“ der Ortszeit eines Bezugsmeridians auf See gestatteten. Die von ihm im Laufe vieler Jahre und mit großer Beharrlichkeit entwickelten „Timekeeper“ sind Musterbeispiele technischer Präzisionsarbeit und brachten ihm nach und nach den gesamten vom Parlament ausgesetzten Preis ein, so daß die „Chronometermethode“ der Längenbestimmung schließlich die Oberhand gewann.

Diese historischen Beispiele mögen genügen, um uns den engen Zusammenhang zwischen Astronomie und Orientierung auf der Erde verständlich zu machen. Wer sich auf die Spuren der Erdmesser begeben will, dem gelten die folgenden Hinweise.

2. Wir bestimmen Breiten und Längen

Die Erdmessung des Eratosthenes kann für uns zu einem interessanten Abenteuer werden, wenn wir genügend Zeit für ihre zünftige Wiederholung aufbringen. Erinnern wir uns: Wir müssen von zwei Orten aus, die auf demselben Meridian liegen, zur gleichen Zeit die Mittagshöhe der Sonne bestimmen. Außerdem benötigen wir dann noch den Abstand der beiden Orte in linearem Maß, damit wir den Erdumfang mit Hilfe der oben angegebenen einfachen Beziehung in diesem Maß ausdrücken können. Unsere Expedition zur Bestimmung des Erdumfanges muß mindestens aus zwei Personen bestehen, jede mit einem Gerät für die Höhenbestimmung der Sonne zur Mittagszeit ausgerüstet. Zwei Gerätetypen, deren Wirkungsweise sich eng an die der klassischen anlehnen, sind im Teil I dieser Aufsatzfolge beschrieben worden: der Schattenstab und der Sonnenring. Welche der beiden Geräte für unsere Expedition benutzt werden ist gleichgültig, nur sollten diese benötigten Geräte vorher durch einige Meßreihen miteinander verglichen werden, um ihre eventuellen systematischen

Abb. 4:
Die Timekeeper von John Harrison
(National Maritime Museum, Greenwich).

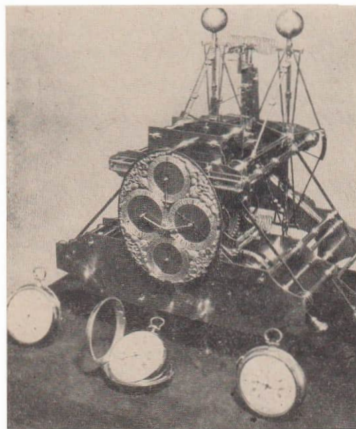
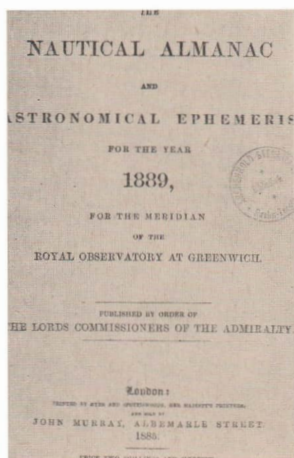


Abb. 3



Fehler kennenzulernen und die Beobachter zu trainieren. Die Handhabung des Schattenstabs und des Sonnenrings sind ebenfalls im Teil I behandelt, so daß sich eine neuerliche Beschreibung erübrigt.

Als Expeditionsorte in der DDR schlagen wir Rostock und Tangermünde vor. Diese beiden Orte liegen fast auf demselben Meridian, außerdem, und das ist für das Gelingen unseres Vorhabens sehr wichtig, sind sie relativ geradlinig durch Straßen verbunden. Sicherlich ist es wünschenswert, einen größeren Breitenunterschied mit unserer Messung zu überbrücken, um den Fehler durch falsche Höhenmessung im Ergebnis nicht zu groß werden zu lassen. Dehnen wir jedoch unsere Expedition zu weit in den Süden der DDR aus, finden wir kaum noch durch Straßen geradlinig verbundene Orte auf dem gleichen Meridian, die sich an unsere nördliche Strecke anschließen. Den Abstand unserer beiden Expeditionsorte bestimmen wir mit dem Kilometerzähler eines Fahrzeuges!

Die beste Verbindung zwischen Rostock und Tangermünde sind die Fernstraßen 103 bis Pritzwalk und die 107 ab Pritzwalk. Wollen wir die Mühen des Altertums voll auskosten, dann laufen wir natürlich diese Strecke ab und zählen dabei unsere Schritte. So jedenfalls soll zur Zeit Eratosthenes die Entfernung zwischen Alexandria und Syene bestimmt worden sein. Wir machen es uns vielleicht doch etwas bequemer und benutzen das Fahrrad, Moped, Motorrad und lesen die gefahrenen Kilometer zwischen beiden Orten am Kilometerzähler ab. Aus den am gleichen Tag gemessenen Kulminationshöhen der Sonne in Tangermünde und Rostock bilden wir die Differenz, und haben damit die Breitendifferenz zwischen den Beobachtungsorten bestimmt. Diese Breitendifferenz verhält sich zur gemessenen Entfernung zwischen den Orten wie 360° zum Erdumfang.

Unser Ergebnis wird gegenüber dem wahren Wert des Erdumfangs sicherlich zu groß ausfallen, da wir die Entfernung zwischen den beiden Orten nicht genau auf der kürzesten Verbindung messen konnten. Man kann abschätzen, daß bei der hier vorgeschlagenen Verfahrensweise der Erdumfang um 14 % zu groß bestimmt wird, wenn andere Meßfehler nicht berücksichtigt werden. Bei sorgfältigen Höhenmessungen wird der zusätzlich auftretende Fehler durch falsche Höhenmessung weniger als ein Drittel betragen. Berücksichtigen wir bei der Auswertung unserer Messungen die Deklination der Sonne zur Zeit der Kulmination, so können wir auch die geographische Breite der Beobachtungsorte bestimmen: Kulmination der Sonne $h = 90^\circ - \varphi + D$; Geographische Breite $\varphi = 90^\circ - h + D$. Die Bestimmung der geographischen Breite eines Ortes ist hier also auf eine Höhenbestimmung der Sonne zur Zeit ihrer Kulmination zurückgeführt, der Zeitpunkt der Kulmination spielt dabei keine Rolle. Unsere Beobachtung kann somit ohne Zuhilfenahme einer Uhr durchgeführt werden.

Wollen wir die geographische Länge eines Ortes bestimmen, ist die Beobachtungszeit aber von grundlegender Wichtigkeit. Wie aus den vorangegangenen Ausführungen zu entnehmen ist, können wir die Längendifferenz zweier Orte auf der Erdoberfläche dadurch bestimmen, daß wir die Ortszeit des einen Ortes mit der Ortszeit des anderen vergleichen. Im Gegensatz zu früheren Zeiten ist die Übertragung der Zeit für diesen Zweck heute problemlos, da wir überall auf der Erde irgendwelche Zeitzeichen empfangen können, die zur mittleren Ortszeit des Nullmeridians von Greenwich, der Weltzeit, in einem bekannten Verhältnis stehen. Die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) ist, entsprechend dem Bezugsmeridian von 15° östl., der Weltzeit (WZ) um eine Stunde voraus. Die Weltzeit ist die mittlere Ortszeit von Greenwich (Greenwich Mean Time, GMT). Wir beobachten aber mit unseren einfachen Geräten die wahre Sonne! Daher müssen wir bei unseren Messungen für diesen Fall die Zeitgleichung berücksichtigen, die die wahre Zeit zur mittleren Zeit in Beziehung setzt: Zeitgleichung = Wahre Zeit — Mittlere Zeit. In den astronomischen Jahrbüchern ist meist die Kulminationszeit der Sonne in mittlerer Zeit für den Bezugsmeridian angegeben, woraus sich dann sofort die Zeitgleichung ermitteln läßt.

Bestimmen wir also den Zeitpunkt der Kulmination der Sonne für unseren Beobachtungsort mit dem Schattenstab und benutzen dazu als Zeitmaßstab die Weltzeit. Im Teil I unserer Serie haben wir gezeigt, daß die Zeitzuordnung zu unseren Meßpunkten möglichst sekundengenau erfolgen sollte. Unsere Uhr kontrollieren wir daher mit Hilfe von Zeitzeichen der Rundfunksender, möglichst vor und nach unseren Messungen. Auf diese Weise erhalten wir die mittlere Zeit der Kulmination der wahren Sonne. Da uns die Weltzeit letztthin angibt, wann die gedachte mittlere Sonne auf dem Nullmeridian kulminiert, müssen wir zum Vergleich unsere beobachtete Kulminationszeit auf die mittlere Sonne umrechnen:

Wir subtrahieren von der beobachteten Kulminationszeit die für den Beobachtungstag geltende Zeitgleichung und erhalten somit die Kulminationszeit der mittleren Sonne. Die Differenz zu 12 Uhr Weltzeit ist die gesuchte Längendifferenz zu Greenwich, die nach oben angegebener Weise ins Gradmaß umgewandelt werden kann. Die Genauigkeit unserer Längenbestimmung kann bei sorgfältigem Vorgehen erstaunlich groß werden. Mit Armbanduhr, Schattenstab und Rundfunkzeichen ergab sich ein Fehler in Länge von nur 2,5 km.

Wir dürfen allerdings in unserer Freude über den Erfolg nicht vergessen, daß wir das wesentlichste Problem der Längenbestimmung in früheren Zeiten, nämlich die Zeitübertragung, gar nicht zu bewältigen hatten. Wir haben statt dessen eine Dienstleistung in Anspruch genommen, die letztlich das Endresultat jahrhundertelanger Bemühungen um die Zeitübertragung darstellt.

Das Problem der außerirdischen Zivilisation und seine philosophischen Aspekte

I. S. SCHKLOWSKI

Fortsetzung und Schluß.

Die Verfechter des einen Standpunkts nehmen eine „kurze“ Dauer der technologischen Phase in der Entwicklung der Gesellschaft an, in der Größenordnung von Tausenden oder auch nur Hunderten von Jahren. Man beruft sich dabei auf das zu schnelle Entwicklungstempo unserer Zivilisation in den letzten zwei Jahrhunderten, das ernsthafte Krisen, die Gefahr der Erschöpfung der materiellen Ressourcen sowie eine nicht wieder rückgängig zu machende Umweltverschmutzung heraufbeschwört und möglicherweise die Interessen der Gesellschaft in völlig andere Richtungen lenkt (z. B. könnte das Interesse an einer unbegrenzten kosmischen Expansion verlorengehen). Daraus wird abgeleitet, daß der Faktor t_1/T in der Formel von Drake einen sehr kleinen Wert in der Größenordnung 10^{-7} hat. Anhänger einer „langen Skala“ sind so „optimistisch“, daß sie annehmen, der Faktor t_1/T weiche nur wenig von Eins ab. Die meisten Überlegungen zu dieser Frage, darunter auch meine eigenen, enthalten den Versuch, eine „kurze Skala“ zu begründen. Es gibt eindeutig mehr „Pessimisten“ als „Optimisten“. Vom Standpunkt der ersteren kann die Gesamtmenge der gleichzeitig mit uns existierenden technologisch entwickelten Zivilisationen in der Galaxis nicht größer als einige hundert sein. Es läßt sich indes auch eine Art Kompromiß zwischen den Standpunkten der „Pessimisten“ und der „Optimisten“ finden.

Da eine ausgearbeitete marxistische Futurologie fehlt, wollen wir uns folgendermaßen behelfen: Nehmen wir an, den sich unabhängig voneinander entwickelnden technologischen Zivilisationen drohen Krisen verschiedener Art, von denen manche den Untergang der betreffenden Zivilisation hervorrufen können. Dennoch besteht eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, daß einige (vielleicht auch nur ganz wenige) der Zivilisationen in der Lage sein werden, die Krisensituationen zu überwinden und sich unbegrenzt (genauer, „praktisch unbegrenzt“) zu entwickeln, ihr wissenschaftlich-technisches Potential exponentiell zu vergrößern, indem sie die gewaltigen stofflichen und energetischen Ressourcen ihres kosmischen Milieus ausnützen. Wenn die Menge der Zivilisationen in unserem Sternensystem ausreichend groß ist, dann kann man natürlich annehmen, daß die Zahl der technologischen „Superzivilisationen“ nicht gleich Null ist. Solche Superzivilisationen können eine Zeitskala t_1 haben, die die mittlere Existenzzeit der „gewöhnlichen“ Zivilisationen (etwa vom Typ der auf der Erde bestehenden Zivilisationen) wesentlich übertrifft. Das bedeutet, daß auf Grund des großen Wertes des Faktors t_1/T ein großer Teil der gleichzeitig existierenden Zivilisationen Superzivilisationen sein können. Der Maßstab ihrer Tätigkeit muß ein wahrhaft kosmischer sein. Im Prinzip – wenn man berücksichtigt, daß die für die Vergrößerung des wissenschaftlich-technischen Potentials charakteristische Zeit stets wesentlich kürzer ist als jede beliebige „natürliche“ kosmogonische Skala – sind hier zwei Typen von Zivilisationen möglich: einmal die sogenannte Zivilisation vom Typ II, die sich die stofflichen und energetischen Ressourcen „ihres“ Zentralgestirns und „ihres“ Planetensystems angeeignet hat, zum anderen die Zivilisation vom Typ III, die im Besitz aller Ressourcen „ihres Sternensystems“ ist. Dieser Klassifikation zufolge, die vor einigen Jahren von N. S. Kardaschew vorgeschlagen worden ist, gehören Zivilisationen, die ihrem Niveau nach unserer, der irdischen Zivilisation mehr oder weniger ähnlich sind, zum Typ I.

Recht aufschlußreich für das Entwicklungsniveau einer technologischen Zivilisation ist das Niveau der Energieerzeugung. Für die irdische Zivilisation erreicht dieses Niveau bald die Größe $\approx 10^{20}$ erg je sec. Es sei erwähnt, daß die Energie der auf unseren Planeten auftretenden Sonnenstrahlung von der Größenordnung 10^{24} erg/sec ist. Eine weiterhin starke Vergrößerung der Energieerzeugung auf der Erde kann zur Störung des energetischen Gleichgewichts der Erde als eines kosmischen Körpers führen. Die mittlere Temperatur unseres Planeten wird sich um einige Grad erhöhen, was die verhängnisvollsten Auswirkungen haben wird (beispielsweise schmilzt das Eis der Antarktis).

Eine Zivilisation vom Typ II kann, sobald sie verschiedenartige Krisensituationen überwunden haben wird, Energie bis 10^{33} erg/sec und die gewaltigen Ressourcen an Stoff (beispielsweise der „un-nützen“ großen Planeten, falls solche im jeweiligen Planetensystem vorhanden sind) ausnützen. Selbstverständlich müssen die Träger der Zivilisation dieses Typs sich „ihr“ Planetensystem vollständig aneignen und es umwandeln. Obgleich eine solche Situation auf den ersten Blick phantastisch anmutet, kann man sich leicht davon überzeugen, daß, wenn ein solcher Prozeß der Umwandlung des Planetensystems begonnen hat und die Aneignung der Ressourcen des näheren Kosmos in einem recht langsamen Tempo erfolgt (z. B. eine Verdopplung der materiellen Ressourcen und der Verarbeitung der Sternenergie in hundert Jahren), bis zur vollständigen Umwandlung des Planetensystems eine – nach astronomischen Begriffen – verschwindend kurze Zeit von lediglich einigen tausend Jahren nötig sein wird. Wir würden in diesen Zeitraum auch den „Übergangs“prozeß des allmählichen Herausgehens der Zivilisation in den Kosmos und seiner relativ langsamen Aneignung einbeziehen. Was aber kann man von den Zivilisationen des Typs III sagen, die eine Energetik in der Größenordnung 10^{42} erg/sec aufweisen und ihre Galaxien in Zeiträumen umgewandelt haben, die Millionen Jahre nicht übersteigen (solche Zeiträume werden vor allem durch die Ausmaße der Galaxien bestimmt, die sich auf Hunderttausende von Lichtjahren belaufen)?

Wenngleich die Annahme einer möglichen Existenz von Zivilisationen des zweiten und dritten Typs im Weltall phantastisch ist, kann man ihr nicht die Logik absprechen. Diese Annahme folgt mit Notwendigkeit aus der zu beobachtenden Entwicklungstendenz unserer technologischen Zivilisation und aus der optimistischen These von der Möglichkeit einer Überwindung aller Krisen- und Konfliktsituationen, auf die eine solche Entwicklung stößt. Und dennoch wird in solchen Überlegungen die Logik nicht bis zum Ende durchgehalten, denn es erhebt sich die naive Frage: Aber warum soll eigentlich bei den Zivilisationen des Typs III Schluß sein? Warum soll man sich nicht eine noch grandiosere Expansion der Vernunft vorstellen? Warum soll man sich z. B. nicht eine von der Vernunft umgewandelte Ansammlung von Galaxien vorstellen, die Hunderte Mitglieder und Ausmaße von Dutzenden Millionen Lichtjahren hat? Und kann nicht überhaupt solch ein explosiver Expansionsprozeß der Vernunft wenn nicht das ganze (dafür reicht ihre Zeit nicht), so auf jeden Fall einen beträchtlichen Teil des Weltalls erfassen, vielleicht sogar jenen Teil des Weltalls in dem wir uns befinden? Ein denkender Mensch, der sich Philosoph nennt, kann meines Erachtens dieses Problem nicht einfach als Phantasterei abtun.

Unten kehren wir nochmals zur Frage nach den Entwicklungswegen der Zivilisationen vom zweiten und dritten Typ zurück. Jetzt wollen wir auf eine wichtige Folge des wissenschaftlich-technischen Fortschritts der Zivilisationen, die den technologischen Entwicklungsweg eingeschlagen haben, etwas näher eingehen. Es handelt sich um den Fortschritt der Radiophysik, die selbst beim gegenwärtigen Stand der technologischen Entwicklung der Zivilisation auf der Erde die Möglichkeit einer Verbindung zwischen Zivilisationen eröffnet, welche durch astronomische Entfernungen voneinander getrennt sind. Leistung und Empfindlichkeit der modernen Mittel der Radiophysik erlauben eine *einseitige* Verbindung zwischen Sendern und Empfängern, die einige hundert Lichtjahre voneinander entfernt sind. Erinnern wir uns daran, daß nach der „pessimistischen“ Einschätzung (die Gesamtmenge der technologisch entwickelten Zivilisationen beträgt danach einige Tausende) die uns am nächsten liegende Zivilisation mehrere tausend Lichtjahre von uns entfernt wäre.

Aber wir sind bei der Einschätzung der Möglichkeiten der Radiophysik für die interstellare Kommunikation vom gegenwärtigen Stand dieses Gebiets der Technik ausgegangen. Wenn nun das technologische Niveau der die Signale aussendenden Zivilisation das gegenwärtige irdische Niveau wesentlich übertrifft, kann sich die Situation beträchtlich verändern. So könnten mit den gegenwärtigen irdischen Mitteln Signale von einer Zivilisation des Typs II selbst dann festgestellt werden, wenn sich diese Zivilisation beispielsweise im Andromedanebel befindet, also in einer Galaxis, die zwei Millionen Lichtjahre von uns entfernt ist. Das heißt, schon heute ist ein systematisches, wissenschaftlich geplantes Suchen nach Signalen von außerirdischen Zivilisationen keineswegs sinnlos. In diesem Zusammenhang ergeben sich eine ganze Reihe von Fragen rein technischer Art (auf die in diesem Artikel nicht eingegangen werden kann) und ein sehr wichtiges und interessantes philosophisches Problem: Werden wir diese Signale (wenn sie einst festgestellt werden) verstehen können? Dieses keineswegs einfache Problem hängt mit der Widerspiegelungstheorie zusammen. Bekanntlich widerspiegelt das Bewußt-

sein die objektiv existierenden Gesetzmäßigkeiten der Natur. Es ist naheliegend anzunehmen, daß eine solche Widerspiegelung bei den einzelnen Zivilisationen verschieden verläuft, bedingt durch die biogenetische und soziale Geschichte der betreffenden Zivilisation. Einen extremen Standpunkt vertritt beispielsweise B. N. Panowkin, der die Möglichkeit einer Entschlüsselung von Radiosignalen außerirdischer Zivilisationen im Grunde ausschließt. Ich halte diese Auffassung für ebenso wenig begründet wie die extrem optimistische Ansicht jener Forscher, die hier keinerlei Problem sehen. Die Frage nach der Möglichkeit der Entschlüsselung kosmischer Signale künstlichen Ursprungs verlagert sich somit vor allem in das Gebiet der Erkenntnistheorie. Eine negative Antwort auf diese Frage läuft faktisch auf die These Kants von der prinzipiellen Unerkennbarkeit der Welt hinaus und ist für die marxistische Philosophie nicht akzeptabel. Es wäre interessant, dieses Problem aus der Sicht der Erkenntnistheorie näher zu analysieren.

Im Zusammenhang mit dem Problem der Feststellung und Entschlüsselung von Signalen technologisch hochentwickelter außerirdischer Zivilisationen muß man noch auf ein Moment eingehen.

Vor allem unter den sowjetischen Astronomen und Physikern ist die Ansicht recht verbreitet, daß sich die gesamte Frage der außerirdischen Zivilisationen im Grunde genommen auf das Problem der Herstellung von Verbindungen mit ihnen reduziere. Bei einer solchen engen Betrachtungsweise kommen indes fundamentale Eigenschaften dieses Problems, das im Grunde ein komplexes Problem ist, nicht zum Ausdruck. Und besonders interessant sind seine rein philosophischen Aspekte.

Sehr wichtig ist die Frage nach den Kriterien, die es erlauben, künstliche Signale von Signalen natürlichen Ursprungs zu unterscheiden. Ein allgemeineres Problem ist das Problem des sogenannten kosmischen Wunders. Das heißt, können wir irgendwann, wenn außerordentlich ungewöhnliche kosmische Objekte festgestellt werden, mit Sicherheit behaupten, daß sie Zivilisationen des zweiten und dritten Typs tragen? Nach welchen Merkmalen kann man das tun? Daß das keineswegs einfach ist, zeigt die Entdeckung der Pulsare. Auf den ersten Blick sprach alles dafür, daß (nun endlich!) kosmische Radiosignale künstlichen Ursprungs festgestellt worden seien. Aber bald wurde klar, daß recht ungewöhnliche, aber dennoch natürliche kosmische Objekte entdeckt worden waren – Objekte, die sich schnell drehen, stark magnetische Neutronensterne. Damit derartige Fehleinschätzungen in Zukunft nicht wieder auftreten, habe ich auf dem Symposium in Bjurakan vorgeschlagen, bei Untersuchungen stets von der Annahme der Natürlichkeit beliebiger kosmischer Erscheinungen auszugehen. Das heißt, erst wenn alle Versuche erschöpft sind, eine Erscheinung als natürlich zu interpretieren, sollte man mit großer Vorsicht einen künstlichen Charakter in Erwägung ziehen. Natürlich kann man sich außerirdische Radiosignale künstlichen Ursprungs vorstellen – beispielsweise eine Impulsfolge, die im Dualsystem den Wert der Zahl π mit außerordentlicher Genauigkeit überträgt. Hinsichtlich des Dualsystems kann man annehmen, daß es, wenn es auch nicht universell ist, so doch unter den außerirdischen Zivilisationen zumindest recht verbreitet sein wird. Jedoch kann die Struktur von Signalen von Zivilisationen, die sich auf einer grundsätzlich anderen biologischen Basis als wir entwickeln, durchaus natürlichem Rauschen ähneln.

Man darf sich jedoch nicht von den Schwierigkeiten schrecken lassen, die mit der Identifizierung und Entschlüsselung möglicher Signale von außerirdischen Zivilisationen zusammenhängen. Obwohl unter letzteren eine große Vielfalt von Formen mit recht unterschiedlichen Systemen der Widerspiegelung der äußeren Welt denkbar ist, wird ein Teil von ihnen unserem System mehr oder weniger ähnlich sein. In der ersten Zeit werden wir uns wohl auf eine solche begrenzte Klasse von uns ähnlichen Wesen beschränken. In Anbetracht der außerordentlichen Subjektivität der verschiedenen Bewertungen der Größe P dürfte eine solche Beschränkung kaum ins Gewicht fallen.

Ich komme jetzt auf die Frage nach der Möglichkeit der Existenz von Superzivilisationen des zweiten und dritten Typs im Weltall zurück. Wir müssen dabei einen wichtigen Umstand beachten. Es besteht wohl kein Zweifel, daß beim Übergang von Zivilisationen vom Typ I (d. h. von mehr oder weniger erdähnlichen Zivilisationen, die sich alle Ressourcen ihres Planeten angeeignet haben) zu Zivilisationen vom Typ II das vernunftbegabte Leben selbst qualitative Veränderungen durchmachen muß. Die Aufgaben und die „Ideologie“ einer solchen Superzivilisation unterscheiden sich doch radikal von denen der „gewöhnlichen“ Zivilisation. Obwohl wir heute natürlich nicht über die Besonderheiten der Superzivilisationen urteilen können, muß man meines Erachtens einen Umstand im Auge behalten: Die oben erwähnte qualitative Veränderung des vernunftbegabten Lebens kann darin bestehen, daß es künstliches Leben wird. Bereits heute wurden gewaltige Erfolge bei der Entwicklung elektronischer Rechenmaschinen erzielt. Der Fortschritt auf diesem Gebiet ist geradezu das Hauptmerkmal der heutigen wissenschaftlich-technischen Revolution. Und dieser Fortschritt vollzieht sich in einem wachsenden Tempo. Bereits heute werden eine ganze Reihe von Operationen, die früher das Privileg der Geistes schaffenden waren, von Maschinen ausgeführt. Man kann als bewiesen annehmen, daß es keine Art Tätigkeit gibt, weder körperliche noch – was besonders wichtig ist – geistige, die im Prinzip nicht von Maschinen ausgeübt werden könnte. Die stürmische Entwicklung

der Kybernetik hat prinzipiell unbegrenzte Möglichkeiten eröffnet, beliebig komplizierte materielle Systeme zu modellieren. Damit verschwindet die Grenze zwischen den „natürlichen“ und den „künstlichen“ vernünftigen Wesen. Die Vernunft löst sich gewissermaßen von ihrem biologischen Ursprung, bleibt allerdings Eigenschaft einer besonderen, sehr hoch organisierten Materie. Die wichtigste Eigenschaft des vernunftbegabten Lebens – seine Fähigkeit zur Entwicklung, zur Selbstvervollkommnung – ist nicht mehr Privileg des natürlich-biologischen Typs der Vernunft. Schon heute sind elektronische Rechenmaschinen zur Selbstvervollkommnung fähig. Bereits heute übertreffen die elektronischen Rechenmaschinen den Menschen bei einer so wichtigen Eigenschaft vernunftbegabter Wesen wie dem Gedächtnis.

Natürlich sind gegenwärtig die elektronischen Rechenmaschinen Produkte des menschlichen Geistes. Der Mensch hat die Maschinen geschaffen und die Programme für sie entwickelt. Dieser Prozeß wurde durch die gesellschaftliche Praxis diktiert. Aber bereits heute können Maschinen andere, vollkommene, selbstlernende Maschinen projektieren. Immer mehr geistige und körperliche Tätigkeiten der Menschheit werden von kybernetischen Geräten ausgeführt werden. Das ist die Haupttendenz der wissenschaftlich-technischen Revolution – einer gesetzmäßigen Entwicklungsstufe der Gesellschaft, die den technologischen Weg eingeschlagen hat. Wir wollen hier nicht die keineswegs unwichtige Frage diskutieren, ob dies gut oder schlecht ist. Wichtig ist, daß dieser Prozeß unaufhaltsam ist. Mitte des nächsten Jahrhunderts können die denkenden Maschinen bei der Ausführung einzelner, darunter auch sehr wichtiger Operationen vollständige Selbständigkeit erlangen. Zu solchen Operationen gehören in erster Linie die Weltraumflüge, die Arbeit im Weltraum und überhaupt die Aneignung von Milieus, die dem Menschen fremd sind. Die leibliche Anwesenheit des Menschen im Weltraum ist im Grunde genommen etwas Unsinniges. Damit soll keineswegs die Bedeutung der Heldentaten der sowjetischen und amerikanischen Kosmonauten geschmälert werden, deren Zeugen wir erst unlängst waren. Mit ungeheuren Anstrengungen einer Armee von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Arbeitern wurde für die Erorberung des Kosmos eine künstliche Biosphäre geschaffen. Die Kosten der Flüge erreichen wahrhaft astronomische Größen. Natürlich war das alles gerechtfertigt: Einen anderen Weg konnte man in der ersten Zeit nicht gehen. Aber mit der weiteren Entwicklung der Kybernetik wird eine solche Methode der Eroberung des Weltraums bereits als Anachronismus gelten.

Der Mensch als biologische Gattung eignet sich trotz aller Anpassungsfähigkeiten nicht für das Leben und die Arbeit im Weltraum und überhaupt in einem derart fremden Milieu. Er kann beispielsweise nur bestimmte Strahlungsdosen aushalten. Sobald die Menschheit von einzelnen episodischen Flügen nutiger Kosmonauten zur systematischen Arbeit zur Umgestaltung des Weltalls und zur Aneignung seiner Ressourcen übergeht, braucht man eine Armee von Menschen, was offensichtlich unpraktisch und vor allem gar nicht nötig ist. Diese Arbeit können durchaus spezialisierte kybernetische Geräte übernehmen, die bei unerwarteten Veränderungen selbständige Entscheidungen zu treffen vermögen.

Der Aufruhr der Roboter ist seit der Zeit des hervorragenden tschechischen Schriftstellers Karel Čapek (von dem das Wort „Roboter“ stammt) ein beliebtes Sujet utopischer Schriftsteller. Die Widersprüche zwischen „natürlichem“ und „künstlichem“ Verstand wurden stets als antagonistisch hingestellt. Aber ist das so? Ich denke, lange Zeit werden beide Arten von Vernunft friedlich miteinander koexistieren, es wird sich eine Kombination von künstlichem und natürlichem Verstand ergeben. Im Grunde genommen zeichnet sich dieser Prozeß schon heute ab.

Wir meinen daher, daß die Träger der Superzivilisationen vom zweiten und dritten Typ künstliche vernünftige Wesen sein müssen. Künstliche Wesen sind natürlichen Wesen unter anderem durch ihre Langlebigkeit überlegen. Diese Eigenschaft hat beispielsweise für interstellare Flüge mit nicht-relativistischer Geschwindigkeit entscheidende Bedeutung. Wir können heute natürlich nichts Konkretes über die Existenz- und Entwicklungsbedingungen und über den Charakter der Tätigkeit von Superzivilisationen sagen, die auf der Grundlage künstlicher Vernunft funktionieren. Für uns hat nur die Tatsache prinzipielle Bedeutung, daß die materielle Grundlage des Bewußtseins keineswegs eine biologische sein muß.

Zum Abschluß meiner Ausführungen muß ich noch auf eine wichtige Frage eingehen. Wenn im Weltall Superzivilisationen vom Typ II und III existieren, warum hat man sie dann noch nicht entdeckt? Beispielsweise könnte der „nichtnatürliche“ Charakter eines Objekts, das Träger einer Zivilisation vom Typ III ist, mit den vorhandenen astronomischen Mitteln aus beliebiger Entfernung in der Metagalaxis festgestellt werden. Hier sind im Prinzip zwei Erklärungen möglich: a) Unsere Kriterien der Künstlichkeit sind sehr unvollkommen, und Objekte, die wir als natürlich ansehen (beispielsweise die vor 10 Jahren entdeckten Quasare), sind in Wirklichkeit Superzivilisationen vom Typ III; b) es gibt im Weltall keine Superzivilisationen. Ich neige zu der zweiten Erklärung. Bisher ist in den Quasaren und anderen Objekten aber auch gar nichts „Übernatürliches“, Rätselhaftes festgestellt worden. Zwar bleibt noch vieles unverständlich, doch m. E. werden die Astronomen und Physiker, geleitet von dem oben formulierten Prinzip der „Annahme der Natürlichkeit“, diese Probleme des Kosmos

irgendwie klären. Ich muß jedoch unterstreichen, daß meine Einschätzung der Situation eine subjektive ist, da es zur Entscheidung dieser Frage vorerst ebenfalls keine objektiven Kriterien gibt. Wenn die Schlußfolgerung richtig ist, daß im Weltall keine Superzivilisationen vom zweiten und dritten Typ existieren, dann kann dies entweder bedeuten, daß auf dem technologischen Entwicklungsweg Krisen auftreten, die die Möglichkeit einer Transformation der Zivilisationen in Superzivilisationen ausschließen, oder daß das Leben im Weltall, insbesondere das vernunftbegabte Leben, eine äußerst seltene, vielleicht sogar einmalige Erscheinung ist.

Ich wiederhole, die zuletzt aufgestellte Behauptung ist nur eine ungenügend begründete Annahme. Dennoch wäre es vom Standpunkt der Philosophie interessant, sich die Frage zu stellen: Aber was ist, wenn wir im Weltall allein sind? Meines Erachtens widerspricht eine solche Behauptung nicht der Philosophie des dialektischen Materialismus. Würde irgendwann einmal bewiesen werden, daß wir im riesigen Weltall allein sind, dann würde davon die Philosophie des dialektischen Materialismus nicht im mindesten ins Wanken geraten.

Nur der Astronom, der sich die räumlichen und zeitlichen Maßstäbe des Weltalls real vorstellt, kann das Ungeheuerliche der Idee von unserer kosmischen Einsamkeit und Einmaligkeit voll erfassen, und zwar einer Einmaligkeit nicht nur im Raum, sondern auch in der Zeit (denn was sind schon 350 Jahre technologische Ära im Vergleich zu den 10—15 Milliarden Jahren der Entwicklung des Weltalls). Wenn wir im Weltall einmalig wären, so würde dies im Grunde die Renaissance einer geozentrischen, ja sogar einer anthropozentrischen Philosophie bedeuten, natürlich auf einem unvergleichlich höheren Niveau, als dies im Mittelalter der Fall war.

Die Philosophen sollten über diese Probleme nachdenken.

Mit freundlicher Genehmigung der Redaktion „Sowjetwissenschaft – Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge“ entnommen dem Heft 7/73 dieser Zeitschrift.

Fehlerquellen, Fehlerbestimmung und Fehlervermeidung

Dr. PAUL AHNERT

Astronomische Beobachtungen — ganz gleich, ob sie von Fachastronomen oder von Amateuren ausgeführt werden — sind nie ganz fehlerfrei. Die Gründe dafür liegen im Instrumentarium, in störenden äußeren Einflüssen meteorologischer oder zivilisatorischer Herkunft und schließlich im Beobachter selbst. Auch ein mit größter Sorgfalt hergestelltes Präzisionsinstrument hat noch einen gewissen Fehlerspielraum. Im Altertum lagen die Fehlergrenzen einer Sternbeobachtung bei 10', bei Tycho bei 1' und heute bei Parallaxenbestimmungen bei 0,01. 0,01 ist gleich dem Durchmesser eines Pfennigs, gesehen aus einer Entfernung von 350 km! Das erscheint ungeheuer genau. Wenn man aber bei einem Fixstern eine Parallaxe von $0,02 \pm 0,01$ gemessen hat, so liegt die mögliche Entfernung zwischen 100 und 300 Lichtjahren! Man sieht an diesem Beispiel, wie wichtig für die Beurteilung einer Messung die durch den sog. mittleren Fehler (m. F.) ausgedrückte Genauigkeit ist.

Die Beobachtungen des Liebhabers sind zum großen Teil Schätzungen: Helligkeiten von Veränderlichen, Durchgangszeiten von Formationen auf Mars oder Jupiter durch den Zentralmeridian oder der Phase — des beleuchteten Teils — vom Mond oder der Venus. Aber gerade bei Schätzungen ist es wichtig zu wissen, wie weit der Beobachter selbst und die Benutzer der Schätzungen ihnen trauen dürfen, ob die beobachtete Helligkeit eines Sterns mit einem möglichen Fehler von $\pm 0^m1$ oder $\pm 0^m2$ behaftet oder die aus der Durchgangszeit des GRF auf Jupiter errechnete jovigraphische Länge auf $\pm 1^\circ$, $\pm 2^\circ$ oder nur auf $\pm 5^\circ$ gesichert ist.

Die Fehler sind teils systematische, teils zufällige Fehler. Systematische Fehler können z. B. bei einem Meridiankreis durch eine Abweichung der Achsenlage von der Waagrechten oder der genauen Ost-West-Richtung entstehen oder dadurch verursacht werden, daß das Fernrohr nicht rechtwinklig auf der Achse sitzt oder die Kreisteilung nicht völlig exakt ist. Diese Fehler lassen sich beim Meridiankreis oder einem Durchgangsinstrument durch sinnvoll angeordnete Beobachtungsreihen bestimmen. Ihr Einfluß kann dann ausgeschaltet werden, indem man die entsprechenden Korrekturen an den abgelesenen Werten anbringt.

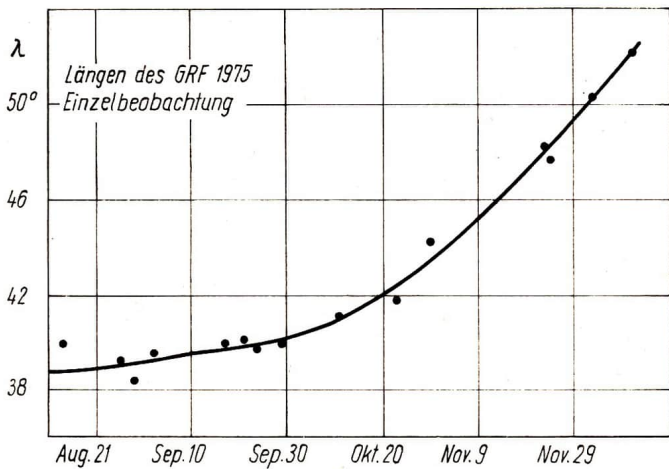


Abb. 1

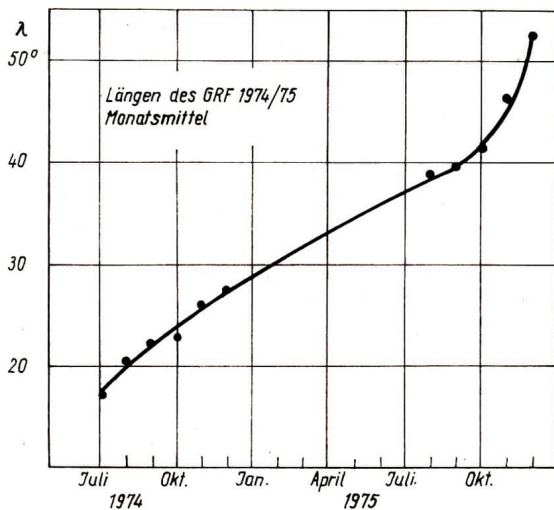


Abb. 2

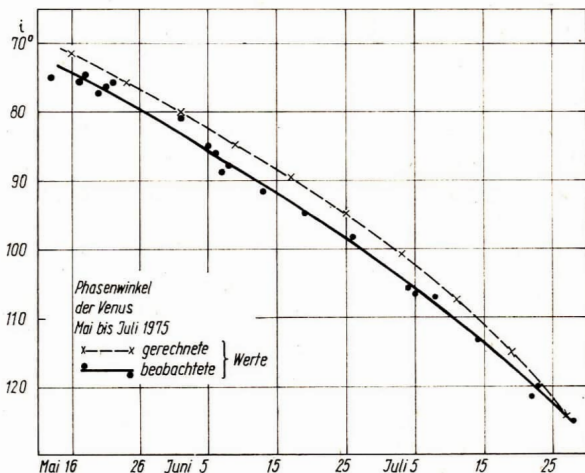
Bei den erwähnten Amateurbeobachtungen können systematische Fehler weniger durch das Instrument, als vielmehr durch die Auffassung des Beobachters entstehen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn die Mitte einer Planetenscheibe zwischen Ost- und Westrand, also die Lage des Zentralmeridians, bestimmt werden muß. Die dabei auftretenden Fehler kann man durch einen einfachen Testversuch demonstrieren.

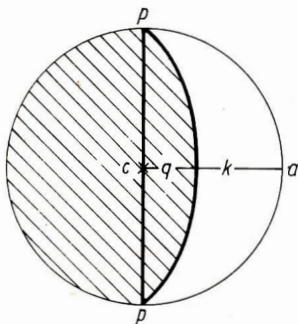
Man ziehe eine Anzahl waagrechter Striche von 70 bis 120 mm Länge und markiere nach Augenmaß die Mitten durch einen kurzen Strich. Beim Nachmessen wird man feststellen, daß eins der beiden Teilstücke um eine Kleinigkeit länger ist als das andere. Bei einem Versuch mit 20 solchen Strecken ergab sich für mich eine Verschiebung nach rechts im Mittel von 0,55 % der Streckenlänge (systematischer Fehler) und zwischen den Extremen $-0,1$ und $1,2\%$ eine Streuung von $\pm 0,50\%$ (zufälliger Fehler). Das würde bei einer Längenbestimmung des GRF, bei der man die Zeit stoppt, zu der er genau in der Mitte zwischen Ost- und Westrand erscheint, einen systematischen Fehler von $+0,66$ bei einer Streuung von $+0,60$ bedeuten. Ein solcher Schreibtischversuch zeigt die Tendenz. Seine Zahlenwerte sind aber nicht ohne weiteres auf astronomische Beobachtungen übertragbar. Aus dem Diagramm (Abb. 1) der 16 Beobachtungen des GRF von August bis Dezember 1975 folgt die etwas geringere Streuung von $\pm 0,55\%$. Ein systematischer Fehler läßt sich aus den Werten eines einzelnen Beobachters nicht ableiten, sondern nur aus dem Vergleich mit dem Mittelwert vieler Beobachter. Das zweite Diagramm (Abb. 2) zeigt, daß die Zunahme der Länge des GRF, die von 1974 an bis Mitte Oktober 1975 sich kaum ändert, aber dann ziemlich plötzlich, beschleunigt wird. Ist diese Geschwindigkeitszunahme reell? Hier kann die Streuung der Beobachtungen gegen die Kurve Aufschluß geben. Bei einiger Sorgfalt wird der Fehler einer einzelnen Beobachtung nicht das Dreifache des m. F. überschreiten, hier also $\pm 2^\circ$ nicht erreichen. Die Länge des GRF ist aber am Ende des 1. Dezemberrittels 10° größer, als die lineare Weiterführung der Kurve von Aug./Sept. anzeigen würde. Die überraschende Beschleunigung der Längenänderung des GRF ist also sicher reell.

Die Bestimmung des mittleren Fehlers ist einfach. Ist n die Zahl der Beobachtungen, $[vv]$ die Summe der Quadrate der Abweichungen von einem Mittelwert oder von einer Kurve, so ist der m. F. einer

Beobachtung oder die Streuung = $\sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$ und der mittlere Fehler des Resultats aus n -Beobach-

tungen = $\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$.





Vergleiche

$$q:d = 0.2 = \frac{1}{5}$$

$$k:d = 0.3 = \frac{1}{3.3} = 0.9/3$$

$$q:r = 0.4 = \frac{2}{5}$$

$$k:r = 0.6 = \frac{3}{5}$$

$$q:k = 2:3$$

Bei manchen Beobachtungen lassen sich die systematischen Fehler auch aus einer einzelnen Beobachtungsreihe finden. Bei Beobachtungen der Venusphasen schätzt der Beobachter die Breite des beleuchteten Teils in Teilen des Halb- oder Durchmessers. Da dieser Wert aus den Ephemeriden bekannt ist, so gibt der mittlere Betrag der Differenz $B - R$ den durch die individuelle Auffassung des Beobachters bedingten systematischen Fehler. In der Regel wird der beleuchtete Teil der Venus etwas zu schmal, der Phasenwinkel etwas zu groß geschätzt.

Abbildung 3 zeigt in der oberen Kurve den wahren, in der unteren den beobachteten Verlauf des Phasenwinkels. Die Differenz beider Kurven gibt den — nicht konstanten — systematischen Fehler, hier $+2.5$. Seine Inkonsistenz hängt von verschiedenen Umständen ab: Von dem mit der Breite der Sichel veränderlichen Auffassungsfehler, von Änderungen der Hintergrundhelligkeit, von der veränderlichen Höhe über dem Horizont und der teils positiven, teils negativen Höhendifferenz zur Sonne, von der wechselnden Klarheit der Atmosphäre und vielleicht auch von der persönlichen Disposition.

Bedeutsam für die Beurteilung der Beobachtungen sind wieder die zufälligen Fehler, die Streuung gegen die Kurve, hier ± 0.5 .

Bei Beobachtungen, durch die eine veränderliche Größe in kurzen Zeitabschnitten bestimmt werden soll, lauert noch eine gefährliche Fehlerquelle, die Voreingenommenheit. Wenn die Zeitabstände kurz genug sind, erinnert sich der Beobachter an den Zustand zur letzten Beobachtung. Da er außerdem weiß, ob die Sichelbreite zu- oder abnimmt, oder ob die Helligkeit eines Veränderlichen steigt oder fällt, so ist er leicht geneigt, seinen Eindruck diesem Wissen anzupassen. Wenn sich diese Autosuggestion mehrmals wiederholt, kann der Fehler beträchtlich werden.

Bei visuellen Veränderlichenbeobachtungen hilft nur rücksichtslose Ehrlichkeit gegen sich selbst. Erinnert man sich, einen Mirastern, der in etwa einem Monat sein Maximum erreichen soll, zuletzt $8^m.5$ geschätzt zu haben und findet ihn 3 Tage später $8^m.7$, so darf man auf keinen Fall versuchen, sich durch wiederholtes Anschauen den erwarteten Eindruck $8^m.4$ zu suggerieren. Der Beobachter muß kaltblütig $8^m.7$ notieren. Bei der späteren Bearbeitung wird sich herausstellen, ob und welche der beiden widersprüchlichen Beobachtungen verfehlt war. Es kann sich auch zeigen, daß das Maximum infolge einer Periodenänderung früher als erwartet eingetreten ist und daß beide Beobachtungen innerhalb der zulässigen Streuung in die Lichtkurve passen.

Bei photographischen Beobachtungen von Veränderlichen läßt sich die Voreingenommenheit ausschalten, indem man die Aufnahmen nicht in ihrer wirklichen zeitlichen Reihenfolge, sondern regellos durcheinander gemischt schätzt. Die zufälligen Fehler lassen sich durch Übung allmählich verringern. Systematische Fehler können dadurch entstehen, daß bei vielen Beobachtern die gegenseitige Stellung der Sterne im Gesichtsfeld eine Rolle spielt. So wird von zwei objektiv gleichhellen Sternen der eine heller oder schwächer als der andere geschätzt, je nachdem er über oder unter, rechts oder links von ihm steht. Da dieser Effekt bei mir ziemlich ausgeprägt ist, so schätze ich eine photographische Aufnahmereihe viermal, um je 90° gedreht. Dabei können die Einzelwerte einer Beobachtungsserie ziemlich stark streuen. Die Praxis hat aber gezeigt, daß die Mittel aus den 4 Schätzungen sehr sauber auf der Kurve liegen und die so bestimmten Minima von Bedeckungssternen mit Perioden unter 2 Tagen selten mehr als 5 Minuten vom wahren Wert abweichen.

Bei Beobachtungen der Venusphasen, die ich seit 10 Jahren regelmäßig ausführe, ist die Voreingenommenheit bei längeren Schönwetterperioden besonders zu fürchten. Und da ich mir selbst nicht traue, versuche ich durch folgende Tricks den guten Willen zur Ehrlichkeit zu unterstützen. Das Verfahren zeigt an einem Beispiel Abbildung 4.

p und p sind die Beleuchtungspole, $p - p = d =$ Durchmesser, $c - a = q + k = r =$ Radius, k ist die Breite des beleuchteten Teils, q ist das Defizit bzw. der Überschuß des beleuchteten Teils im Vergleich mit der Halbmondphase. Man kann nun k oder q mit d oder r oder auch k und q , deren Summe gleich r ist, untereinander vergleichen. Außerdem kann man die Verhältnisse als Dezimal- oder als gemeine Brüche schätzen. In Abbildung 4 sind 9 Möglichkeiten eingezeichnet. Wendet man sie in buntem Wechsel an, dürfte es schwer sein, den neuen Eindruck zu vergangenen Beobachtungen in Beziehung zu setzen.

Ein weiteres vielbenutztes Verfahren, die Voreingenommenheit auszuschalten, besteht darin, die beobachtete Lichtgrenze in einen Kreis einzuzichnen und diese Zeichnung dann auszumessen. Ich ziehe als schlechter Zeichner die direkte zahlenmäßige Schätzung vor, zumal man dabei die Beobachtungen beliebig häufen kann.

Auf jeden Fall muß man sich bei allen Schätzungen sagen: Mag herauskommen, was da will, ich gebe meinen heutigen Eindruck unfriert wieder.

Die Entwicklung der sowjetischen Nachrichtensatelliten

H. D. NAUMANN

Die vom ZK der KPdSU ausgearbeiteten Hauptrichtungen zur Entwicklung der sowjetischen Volkswirtschaft im 10. Fünfjahrplan 1976–1980 sehen u. a. eine wesentliche Erweiterung des Einsatzes kosmischer Mittel und Methoden zur Erderkundung, für Meteorologie, Navigation und Nachrichtenwesen sowie andere volkswirtschaftliche Belange vor. Im Rahmen des weiteren Ausbaus des Fernmeldewesens auf der Basis des „Einheitlichen Automatisierten Systems des Fernmeldewesens der UdSSR“ kommt dabei Nachrichtensatelliten sowohl für nationale als auch internationale Belange eine wachsende Bedeutung zu. In der bisherigen Entwicklung der Nachrichtensatelliten in der UdSSR kann man vier Phasen unterscheiden:

1. Die Experimentalphase, die den Zeitraum bis 1965 umfaßte. In dieser Phase erfolgte die Erprobung terrestrischer Nachrichtenverbindungen unter Ausnutzung kosmischer Relaisstellen und die Entwicklung optimaler Systemparameter für ein nationales Nachrichtensystem mit dem Charakter eines Vertellersatellitensystems. Träger dieser Phase waren Satelliten der Kosmosserie, in deren Rahmen etwa 70 vorbereitende Experimente für Nachrichtensatelliten durchgeführt wurden.
2. Die Test- und Aufbauphase, die den Zeitraum 1965–67 umfaßte. In dieser Phase erfolgte der Test der Einsatztypen unter Betriebsbedingungen im Zusammenwirken mit dem Bodenkomplex sowie die erste Ausbaustufe des Gesamtsystems auf nationaler Ebene.
3. Die Phase der nationalen kommerziellen Nutzung, die 1967 mit der Indienstellung des Gesamtsystems für den nationalen kommerziellen Funkverkehr begann.
4. Die Phase der internationalen Nutzung sowjetischer Nachrichtensatelliten, die mit der Gründung der Interputnik-Organisation durch 9 sozialistische Staaten im November 1971 eingeleitet wurde und sich seitdem in Entwicklung befindet. Endziel dieser Phase ist die Schaffung eines internationalen Nachrichtensatellitensystems in einem Etappenprogramm.

Die Entwicklung des Einsatzes von Nachrichtensatelliten verlief damit in der UdSSR gänzlich anders als in den USA. Während hier aus wirtschaftlichen, nicht zuletzt aber auch politischen und militärischen Gründen internationale Ver-

bindungen im Vordergrund standen, waren es in der UdSSR im ersten Jahrzehnt vorrangig nationale Belange, bedingt durch die besonderen Bedingungen in der Sowjetunion. Es gibt in der UdSSR – insbesondere auch durch die zunehmende wirtschaftliche Erschließung Sibiriens, zahlreiche Industrie- und Wirtschaftszentren, vor allem für den Bergbau, die weit voneinander entfernt liegen. Die Versorgung dieser Gebiete mit Fernsehprogrammen sowie ihr Anschluß an Fernsprechnetze wäre in Anbetracht der riesigen Entfernungen mit den Mitteln konventioneller Richtfunktechnik völlig unökonomisch gewesen. Es wurde deshalb ein Nachrichtensatellitensystem entwickelt, das sowohl zur Verbreitung des zentralen Moskauer Fernsehens diente, als auch für Fernsprech- und Fernschreibverbindungen. Dieses System kann deshalb als eines der Grundpfeiler des rasanten Aufschwungs der sowjetischen Wirtschaft betrachtet werden.

Das System Molnija — Orbita

Bei der Konzipierung eines sowjetischen Inland-Nachrichtensatellitensystems war in Erwägung zu ziehen, daß zahlreiche Erdpunkten soweit nördlich zu errichten waren, daß sie durch geostationäre Satelliten nicht erreichbar sind. Deshalb wurde ein System mit umlaufenden Satelliten mit rund 12 Stunden Umlaufzeit gewählt, wobei die Bahn stark exzentrisch mit rund 60° Bahnneigung ist. Ist ein solcher Satellit im Apogäum über der nördlichen Halbkugel, so bewegt er sich langsam über dem Territorium der UdSSR und steht hier für rund zwei Drittel seiner Umlaufzeit für Übertragungen zur Verfügung. Vor dem Untergang des n -ten Satelliten erscheint der $(n + 1)$ te über dem Horizont. Mit 3 Satelliten ist bei jeweiliger Antennenumschaltung damit ein kontinuierlicher Betrieb möglich. Das System Molnija — Orbita hat bisher den Einsatz von drei Satellitengenerationen zu verzeichnen.

Molnija 1

Die Molnija 1-Satelliten haben eine Umlaufmasse von etwa 1200 kg. Sie arbeiten im Frequenzbereich 800–1000 MHz und erlauben die Übertragung eines Farbfernsehprogramms oder von 60 Ferngesprächen bzw. entsprechender Telegra-

fie- und Faksimilesignale. Die Satellitenausgangsleistung beträgt bei Fernsehübertragungen 40 W, bei Telegrafie usw. 14 W. Zum Fernsehprogramm erfolgt die Übertragung eines Begleittones durch breitenmodulierte Impulse ($1-3 \mu\text{s}$) in den Zeilenaustrittsfällen. In der Bodenstation erfolgt eine Trennung der Bild- und Tonsignale vor Weitergabe der Programme an die Sender. Die Bandbreite des Tonkanals beträgt 6–7 kHz. Die parabolische Satellitenantenne (eine zweite dient als Reserve) ist beweglich und wird ständig mit $\pm 3^\circ$ Genauigkeit zum Erdmittelpunkt hin ausgerichtet.

Die Erdstationen Orbita 1 arbeiten mit einer Parabolantenne aus einer Alu-Legierung, die 12 m Durchmesser, 3 m Brennweite und 5,5 t Masse aufweist. Die Abweichungen vom Parabolprofil sind $\pm 1,5$ mm. Die Gesamtmasse aller Metallkonstruktionen der Antennenanlage beträgt etwa 50 t. Die Antenne arbeitet ohne Radom in einem Temperaturbereich $\pm 50^\circ$ und bis zu Windgeschwindigkeiten von 25 m/s. Die Eigenrauschetemperatur der Antenne bei Zenithausrichtung beträgt 10 K. Die Antenne ist über einen 15 m langen, mit zwei Gelenken versehenen Speisehohlleiter mit den Empfangsapparaturen verbunden. Die Antennennachführung erfolgt programmgesteuert. Manuelle Nachführungen sind nach dem Maximum des Eingangssignals möglich. Die Nachführgenauigkeit beträgt 7 Bogenminuten.

Am Empfängeranfang befindet sich ein Eingangsfilter mit 30 MHz Bandbreite. Darauf folgt ein zweistufiger parametrischer Verstärker, dessen 1. Stufe mit flüssigem Stickstoff auf 196°C gekühlt wird. Die 2. Stufe arbeitet gleichzeitig als Frequenzumsetzer auf eine ZF von 70 MHz, die mit 80 dB verstärkt wird. Auf den ZF-Verstärker folgt der Frequenzdiskriminator.

Bis Ende 1974 wurden rund 40 Orbita 1-Stationen errichtet, die für 30 Millionen Sowjetbürger Zugang zum Fernsehen erbrachten. Bis Ende 1975 erfolgte der Start von 31 Molnija 1-Satelliten, die sich jeweils 1,5 bis 3 Jahre in Betrieb befanden.

Molnija 2 und 3

Die Erfolge mit dem Nachrichtensatellitensystem Molnija – Orbita 1 führten zur Entwicklung des verbesserten Systems Orbita 2, das mit Molnija 2-Satelliten zusammenarbeitet. Der erste Satellit vom Typ Molnija 2 gelangte am 24. 11. 1971 in die Erdumlaufbahn, die erste Orbita 2-Bodenstation wurde im September 1972 in Archangelsk in Betrieb genommen. 1973 existierten bereits 11 Orbita 2-Stationen. Die gesamte Umstellung und Rekonstruktion des Nachrichtensatellitensystems der UdSSR auf das Molnija-Orbita 2-System soll in Kürze abgeschlossen sein.

Gegenüber Molnija-Orbita 1 weist das neue System folgende Weiterentwicklungen auf:

- Nutzung höherer Frequenzbereiche zwischen 3 und 6 GHz,
- Bereitstellung größerer Übertragungskapazitäten und Gewährleistung einer höheren Qualität der Ton- und Bildübertragung,
- Telefonie-Multiplexbetrieb,
- Einsatz verbesserter elektronischer Ausrüstungen in den Bodenstationen und im Satelliten.

Die Betriebsfrequenzen liegen für die Strecke Satellit – Erde im Bereich 3400–3900 MHz, für die Strecke Erde – Satellit im Bereich 5725–6225 MHz. Das übertragene Videosignal hat 6 MHz Bandbreite bei 36 dB Rauschabstand. Im Gegensatz zu Molnija 1 kann der Fernsehbegleitton ein- oder zweikanalig übertragen werden. Er wird in die Zeilenaustrittsfälle eingeschachtelt. Für einen Tonkanal wird eine Bandbreite von 50 Hz bis 10 kHz bei 57 dB Rauschabstand erreicht, bei zwei Tonkanälen 100 Hz bis 6 kHz bei 52 dB Rauschabstand. Im gleichen HF-Kanal erfolgt zusätzlich zum Videosignal die Übertragung eines 7,5 MHz-Hilfsstrahlers, der mit 150 kHz frequenzmoduliert wird. Er dient der Übertragung von Zeitungsfaxsignalen oder als hochwertiger Hörrundfunk-

kanal. Die Telefonkanäle sind von diesem HF-Kanal durch Frequenzstufung getrennt.

Im Orbita 2-System existieren 2 Typen von Erdfunkstellen, deren technische Daten Tabelle 1 gegenüberstellt. Die 12 m Anlagen können sowohl für Senden und Empfangen als auch nur Empfangen ausgelegt sein. Die Antennenkonzepte wurden weitgehend vom Orbita 1-System übernommen. Durch ein zusätzlich angebrachtes Primärstrahlersystem wurde die Leistungsfähigkeit wesentlich erhöht. Die Eigenrauschetemperatur der 12-m-Antenne ist bei Ausrichtung auf den Zenit 10 K. Die Sendeleistung der Erdstation liegt zwischen 3 und 10 kW, die des Satellitensenders beträgt 15 W. In der Empfangsapparatur kommt ein vierstufiger parametrischer Verstärker zum Einsatz, dessen erste beide Stufen mit flüssigem Stickstoff auf 77 K gekühlt werden. Die Bandbreite dieses rauscharmen Verstärkers beträgt 250 MHz, eine perspektivische Erweiterung auf 500 MHz ist geplant. Bis Ende 1975 wurden insgesamt 15 Molnija 2-Satelliten gestartet.

Die Molnija 3-Satelliten entsprechen im wesentlichen den Molnija 2-Typen, weisen jedoch vielfältigere Einsatzmöglichkeiten und höhere Qualität auf. Der erste Molnija 3-Satellit wurde 1974 gestartet und u. a. für die Direktverbindungen Moskau – Washington eingesetzt. Bis Ende 1975 gelangten 4 Molnija 3-Satelliten auf Umlaufbahnen.

Internationale Aktivitäten

Neben dem Ausbau und der weiteren Vervollkommnung des nationalen Nachrichtensatellitensystems stellt die Schaffung eines Satellitensystems für internationale Übertragungen eine der Schwerpunktaufgaben der Entwicklung dar. Die internationalen Aktivitäten gehen dabei in 2 Richtungen:

1. Den etappenweisen Aufbau eines eigenen internationalen Nachrichtensatellitensystems für weltumspannenden Nachrichtenverkehr.
2. Den Anschluß an Nachrichtensatellitensysteme anderer Staaten und Organisationen.

So wird sich die UdSSR an das Intelsat-System anschließen, wofür eine Erdfunkstelle bei Lwow bereits im Bau ist. Auch eine Mitnutzung der Nachrichtensatelliten „Symphonie“ 1 und 2 (Frankreich – BRD) ist geplant, wofür ebenfalls eine Bodenanlage errichtet wird. Über „Symphonie“ konnten die sowjetischen Fernsehzuschauer u. a. die Berichte von den Olympischen Spielen in Montreal erhalten.

Die Errichtung eines eigenen Systems erfolgt im Rahmen von Interputnik. Hierzu wurde am 15. 11. 1971 ein Abkommen über die Organisation Interputnik geschlossen, dem die UdSSR, DDR, ČSSR, VR Bulgarien, VR Polen, VR Rumänien, die Ungarische und Mongolische Volksrepublik sowie Kuba angehören. Das Abkommen steht allen anderen Staaten bei gleichen Rechten und Pflichten zum Beitritt offen. Es sieht den Aufbau eines Systems für kosmische Verbindungen vor, das

- einen kosmischen Komplex von Systemen, der aus Nachrichtensatelliten und Erdverbindungen, die die Satellitenfunktion gewährleisten, und
- Erdstationen, die die Verbindungen mit den Satelliten gewährleisten und die jeder Staat auf seinem Territorium mit eigenen Mitteln errichten muß,

umfassen wird. Für den Aufbau des Systems wurden drei Etappen vorgesehen:

1. Etappe: Entwicklung der Einrichtung zur Ausrüstung der Erdstationen,
2. Etappe: Prüfung und praktische Erprobung kosmischer Nachrichtenverbindungen mit Molnija 2-Satelliten der UdSSR,
3. Etappe: Ökonomische Nutzung des Interputnik-Nachrichtensatellitensystems.

Mit diesem System stellt die UdSSR ihre moderne Technik uneigennützig der Gemeinschaft der sozialistischen Bruder-

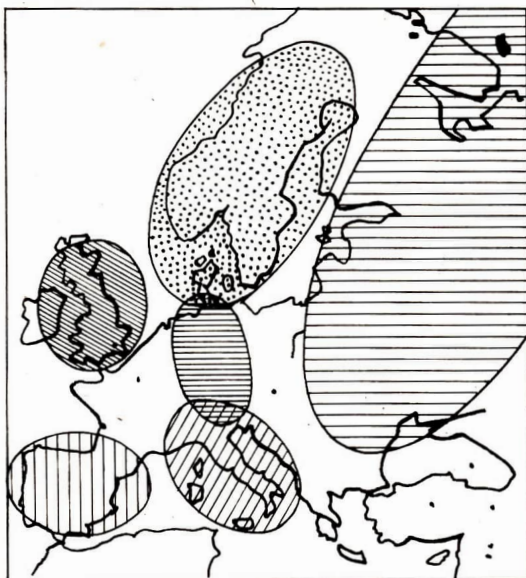
Tabelle 1: Technische Daten der Antennenanlagen des Orbita- und Intersputnik-Systems (nach Fischer, Kempe, Schmelovsky).

Parameter	Dimension	Erdefunkstelle Typ 1	Erdefunkstelle Typ 2
Durchmesser des Hauptspiegels	m	25	12
Öffnungswinkel des Hauptspiegels	°	116	180
Durchmesser des Subreflektors (quasihyperbolisch)	m	2,5	1,2
Nutzungskoeffizient der Antennenfläche			
— im Empfangsbereich		0,7	0,7
— im Sendebereich		0,5	0,5
Breite des Hauptzipfels des Richtdiagramms bei 3dB-Pegel			
— auf der Sendefrequenz	min	12	24
— auf der Empfangsfrequenz	min	8	16
Rauschtemperatur bei Richtung der Antenne			
— zum Zenith	K	20	10
— bei 5° Erhebungswinkel	K	50	40
Betriebsbereitschaften bei Windgeschwindigkeiten bis zu	m/s	20	25

länder und darüber hinaus auch allen anderen Staaten, die daran interessiert sind und Bereitschaft zeigen, die dem Intersputnik-System zugrunde liegenden demokratischen und völkerrechtlichen Universalitätsprinzipien anzuerkennen, zur Verfügung.
Intersputnik-Bodenstationen wurden bisher mit sowjetischer Unterstützung in Ulan Bator (MVR), Jaruco bei

Havanna (Kuba), der ČSSR und der VR Polen errichtet. Sie arbeiten in der gegenwärtigen Etappe mit Molnija 2-Satelliten zusammen. Die Errichtung weiterer Stationen wird in der UVR, der VRB und der DDR vorbereitet. Für die weitere Perspektive von Intersputnik ist der Einsatz von Synchronsatelliten geplant.

Abb. 1:
Sechs mögliche Ausleuchtzonen für nationale Nachrichtensatellitensysteme für die UdSSR, Skandinavien, Italien, Spanien, Großbritannien und die BRD (nach Strehl, radio-mentor-electronic, 42 (1976) 1, S. 12).



Geostationäre Nachrichtensatelliten der UdSSR

Die Experimente mit geostationären Satelliten begannen in der UdSSR 1974. Mit „Kosmos 637“ (1974 – 17A) gelangte der erste geostationäre Satellit der UdSSR auf eine Umlaufbahn. Diesem Testsatelliten folgte 1975 mit „Kosmos 775“ (1975 – 97A) ein zweiter. Der erste geostationäre Nachrichtensatellit wurde mit Molnija 1-S (1974 – 60A) am 29. 7. 74 gestartet. Dieser modifizierte Typ kann als Testsatellit für die Einsatztypen betrachtet werden. Molnija 1-S war in der Lage, auf 17 verschiedenen Frequenzen zu arbeiten. Die Ausgangsleistung betrug pro Transponder 7 W. Der erste stationäre Einsatztyp gelangte mit „Raduga 1“ (auch „Stationär 1“ genannt) am 22. 12. 1975 in den Kosmos. „Raduga 1“ war gleichzeitig der 50. sowjetische Nachrichtensatellit. Er ist bei 90° östl. Länge im Synchronorbit stationiert. Sowjetische Veröffentlichungen lassen den Schluß zu, daß bis 1980 bezüglich des Einsatzes geostationärer Nachrichtensatelliten mit 2 Etappen zu rechnen ist:

- In der ersten Etappe (offensichtlich korrelierend mit der 3. Etappe „Intersputnik“) werden drei geostationäre Satelliten erwartet, neben dem bereits gestarteten einer zwischen 70° und 100° westl. Länge, schwerpunktmäßig für Verbindungen zwischen den asiatischen

Staaten (Australien wäre einbeziehbar); der andere bei 5° bis 30° westl. Länge für Verbindungen im europäischen, afrikanischen und südamerikanischen Raum einschließlich naher Osten und Ostküste Nordamerikas. – In der zweiten Etappe wird für den Zeitraum 1978 bis 1980 der Start von 7 geostationären Nachrichtensatelliten angekündigt, die weltumspannende Übertragungen gewährleisten. Diese Etappe dürfte in unmittelbarem Zusammenhang mit der Olympiade in Moskau stehen.

Daneben sind Stationär-Satelliten auch für die nationale Fernsehprogrammverbreitung tätig. Neben den Orbitalstationen dienen dabei zum Empfang kleine einfache Stationen, die dort eingesetzt werden, wo die geringe Besiedlungsdichte eine Errichtung von Orbitalstationen nicht rechtfertigt. Zu diesem Zweck strahlt ein als „Stationär-T“ bezeichneter Satellit die im 6 GHz-Bereich empfangenen Signale im UHF-Bereich zwischen 702 und 726 MHz mit 300 W Satellitenleistung ab. Die Empfangsstationen erfordern deshalb keine Frequenzumsetzung, sondern nur eine Modulationswandlung der frequenzmodulierten Satellitensignale in amplitudenmodulierte. „Stationär“ soll das Molnija-System nicht ablösen. Die Zukunft wird vielmehr durch ein Nebeneinander beider Konzepte gekennzeichnet sein.

Amateure beobachten und berichten

Durchführung und Auswertung von Sonnenbeobachtungen

HANS GLOMBIK

Unsere Sonne ist eine riesige Gaskugel, deren Durchmesser etwa 109 mal größer ist als der der Erde. Das Licht verläßt die Sonne aus der Photosphäre, die man deshalb auch als Oberfläche der Sonne bezeichnet, denn nur sie ist unserer Beobachtung zugänglich. In dieser Photosphäre gibt es Störungsgebiete, von denen manche eine niedrigere Temperatur als ihre Umgebung haben und deshalb als dunkle Flecke erscheinen, andere sind heißer als ihre Umgebung und zeigen sich als helle Lichtadern, die man Fackeln nennt. Diese Erscheinungen zu beobachten ist für den Amateur äußerst interessant und lohnend, denn das Aussehen der Sonnenoberfläche mit den Flecken und Fackeln ändert sich ständig und schon das kleinste Fernrohr kann zur Beobachtung eingesetzt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, vor allem dem jungen Beobachter Anregungen zur Durchführung und Auswertung der Sonnenbeobachtungen zu geben.

Die Technik der Sonnenbeobachtung

Am einfachsten und gefahrlosesten ist die Projektion der Sonne durch einen Refraktor auf einen weißen Schirm. (Ein Spiegelteleskop zu benutzen wäre ungünstig, da sich der Ablenkspiegel durch die konzentrierte Sonnenstrahlung deformieren und das Bild verschlechtern würde.) Am besten eignet sich ein Huygens-Okular. Bei diesem Typ sind die Linsen nicht miteinander verkittet und die Sonnenstrahlung kann keinen Schaden anrichten. Der Projektionsschirm befindet sich hinter dem Okular und ist mit dem Fernrohr fest verbunden. Die Herstellung eines solchen Schirmes ist für jeden Bastler eine leicht zu lösende Aufgabe. Er muß so gearbeitet sein, daß man ein Papier darauf befestigen und ihn in verschiedenen Entfernungen vom Okular feststellen kann. Je weiter sich der Schirm vom Okular befindet, desto größer bildet sich die Sonne auf ihm ab. So kann man den Durchmesser des Sonnenbildes auf eine günstige Größe bringen, die dann immer beibehalten wird. Etwa 11 cm Durchmesser oder etwas kleiner genügen schon.

**Wir gratulieren
Edgar Otto
zum
80. Geburtstag**



Am 28. Oktober 1970 vollendet Edgar Otto sen., der Mitbegründer und langjährige Vorsitzende des Zentralen Fachausschusses Astronomie, sein 80. Lebensjahr. Amateurastronom aus Passion, unermüdlicher Beobachter bis ins hohe Alter, umsichtiger Organisator und vor allem geduldiger, hilfsbereiter Ratgeber für ungezählte Sternfreunde – Edgar Otto gehört zu denen, die die Amateurastronomie in unserer Republik aufgebaut und über lange Jahre hinweg getragen haben.

Der Jubilar kann auf ein reich erfülltes Leben zurückblicken, in dem von früher Jugend an die Liebe zur Wissenschaft vom Weltall eine bestimmende Stellung eingenommen hat. Es ist bezeichnend für ihn, daß er sein Wissen nicht für sich behielt, sondern im besten Sinne des Wortes als Agitator für die Astronomie wirkte. Seine 1931 gegründete Privatsternwarte „Urania“ in Eilenburg, aus der im Jahre 1964 die heutige Schul- und Volkssternwarte „Juri Gagarin“ hervorging, war nie eine bloße Beobachtungseinrichtung, sondern immer auch Lehrobjekt und Anschauungsgegenstand. Tausende interessierter Besucher, darunter in den letzten beiden Jahrzehnten ein hoher Prozentsatz Astronomielehrer, Schüler im Astronomieunterricht und Teilnehmer an Jugendstunden haben an dieser Stätte gelernt, was Astronomie ist und zu welchen Einsichten und Erkenntnissen sie führt. Wir Amateurastronomen haben darüber hinaus von Edgar Otto gelernt, was Hingabe an die Wissenschaft, Konsequenz und Tatkraft vermögen. Dafür danken wir ihm.

Zu seinem 80. Geburtstag gratulieren wir Edgar Otto sehr herzlich. Wir wünschen ihm Gesundheit und Wohlergehen und noch viele Jahre ungetrübter Freude an der Astronomie.

**Zentraler Fachausschuß Astronomie
Dr. Klaus Lindner, Vorsitzender**

**Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“
Dr. Siegfried Marx, Chefredakteur**



Abb. 2, oben



Zum Beitrag
„Beobachtungen
des Kometen West
(1975 n)“ S. 152

Abb. 1, links

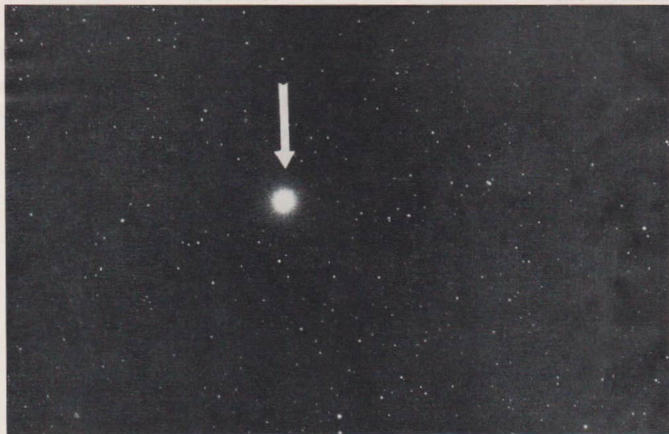


Abb. 1: Nova Cygni 1975.

1975 Aug. 29–30 23.50 Uhr–00.10 Uhr, Schmidt-Kamera 350/500/1000 Potsdam-Babelsberg. Material: NP 27 Planfilm.
Aufnahme: Jürgen Rendtel.

Abb. 2: Nova Cygni 1975.

1975 Dez. 06 18.56 Uhr–19.06 Uhr, Maksutow-Spiegel 5,6/1000 Astronomische Station Rostock. Material NP 27 Roll-
film: Aufnahme: Arne Jungstand.



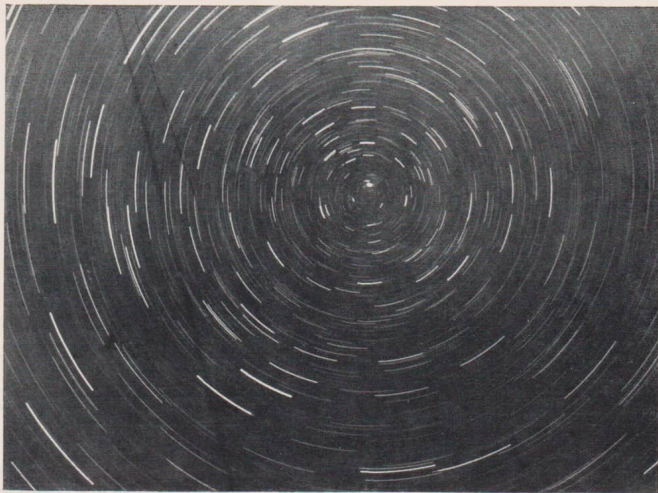
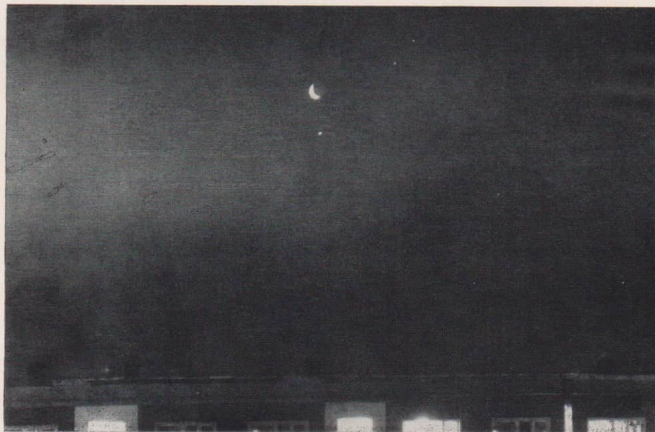


Abb. 1: Sternspuraufnahme.

Zum Beitrag „Himmelsaufnahmen mit der Kleinbildkamera“ S. 154

Abb. 3: Mond-Venus-Konjunktion.



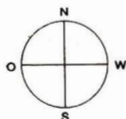
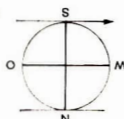
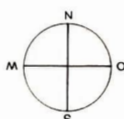


Abb. 1 links: Orientierung des Sonnenbildes mit freiem Auge.



terrestrischem



astronomischem Okular.

Abb. 2 rechts: Orientierung des Sonnenbildes auf dem Projektionschirm mit

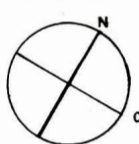
Aber die Bildgröße ist nicht nur von der Bildweite (Okular-Bildschirm) abhängig, sondern auch von den Brennweiten des Objektivs und des Okulars. Je länger die Brennweite des Objektivs und je kürzer die Brennweite des Okulars ist, desto größer ist das Projektionsbild der Sonne. Tabelle 1 gibt für vier gebräuchliche Objektiv- und drei Okularbrennweiten genäherte *Durchmesser der Sonnenprojektionsbilder*. In der Kopfzeile sind die Entfernungen (a) zwischen Okular und Bildschirm aufgetragen, in der Randspalte die Okularbrennweiten.

Tabelle 1

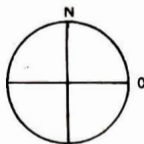
$f_{\text{obj.}} = 50 \text{ cm}$					$f_{\text{obj.}} = 84 \text{ cm}$				
fok \ a	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	fok \ a	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
40 mm	1,9 cm	2,5 cm	3,1 cm	3,7 cm	40 mm	3,0 cm	3,9 cm	4,8 cm	5,7 cm
25 mm	2,8 cm	3,8 cm	4,8 cm	5,8 cm	25 mm	4,4 cm	6,0 cm	7,6 cm	9,2 cm
16 mm	4,4 cm	6,0 cm	7,6 cm	9,2 cm	16 mm	7,4 cm	9,7 cm	12,0 cm	14,3 cm
$f_{\text{obj.}} = 100 \text{ cm}$					$f_{\text{obj.}} = 120 \text{ cm}$				
fok \ a	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	fok \ a	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
40 mm	3,4 cm	4,6 cm	5,6 cm	7,0 cm	40 mm	4,1 cm	5,5 cm	6,9 cm	8,3 cm
25 mm	5,4 cm	7,2 cm	9,0 cm	10,8 cm	25 mm	6,2 cm	8,6 cm	11,0 cm	13,4 cm
16 mm	8,4 cm	11,4 cm	14,4 cm	17,4 cm	16 mm	11,0 cm	13,7 cm	17,3 cm	21,0 cm

Das Sonnenbild auf dem Projektionschirm sollte stets in einer Zeichnung festgehalten werden, die ausgewertet werden kann. Man soll aber nicht einfach die Flecke und Fackeln in einen Kreis so einzeichnen, wie man sie gerade auf dem Schirm erblickt, denn mit der Tages- und der Jahreszeit ändert sich die Orientierung eines solchen Bildes ständig. Die Zeichnung muß zunächst nach den irdischen Himmelsrichtungen orientiert werden. Abbildung 1 gilt für die Beobachtung mit dem freien Auge. Auf dem Projektionschirm sieht es anders aus. Zur Ermittlung dieser Punkte auf dem Schirm zeichnet man einen Kreis mit dem gewünschten Sonnenbilddurchmesser, der durch ein Strichkreuz in vier gleiche Teile geteilt wird. Zusätzlich zeichnet man zwei gegenüberliegende und damit parallele Tangenten wie in Abbildung 2. Die Größe des Sonnenbildes richtet man durch Verschieben des Schirmes so ein, daß es genau in den Kreis paßt. Man dreht den Schirm bei der Beobachtung so lange um den Mittelpunkt der Scheibe, bis sich das Sonnenbild bei ruhendem Fernrohr genau zwischen den Parallelen bewegt. Der Westpunkt ist dabei stets der bei ruhendem Fernrohr vorangehende, denn die Sonne bewegt sich ja scheinbar von Ost nach West. Um zu bestimmen, welcher Punkt der Nordpunkt ist, verschiebt man das Fernrohr derart, daß sich das Objektiv dem Horizont nähert. Das Sonnenbild wird sich bei dieser Bewegung aus der Mitte des Projektionschirmes herauschieben. Der Sonnenrand, der dabei zuletzt aus dem Gesichtsfeld verschwindet, ist der Südrand. Der Südpunkt ist dabei der Berührungspunkt der Tangente.

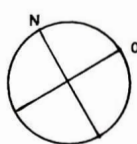
Abb. 3 (a—c): Kippung des Strichkreuzes im Laufe eines Tages.



früh



mittags



abends

Beob.-Nr.:		B.-Ort: $\varphi =$ ° $\lambda =$ °	
Datum: m d		Zeit: h min UT	
Bewölkung (n/10 und Art):		B.-Methode: vis Proj. fot	
Objektiv	Okulare	Vergr.:	
Hilfsmittel:			
Bemerkungen			
ZM = °		Rotat.-Nr.:	

Ergebnisse (vgl. Zeichnung)

g =		f =		r =		R =		Granul. (0...9)		Fackeln (0...9)	
g	fld. Nr.	f	Typ	heliogr. Br. L.		g	fld. Nr.	f	Typ	heliogr. Br. L.	

Beobachter: _____

Damit ist das Sonnenbild auf dem Projektionsschirm richtig orientiert. Man darf sich nicht davon verwirren lassen, daß das Strichkreuz auf dem Schirm nicht immer vertikal und horizontal verläuft. Es erscheint je nach Tages- und Jahreszeit um den Mittelpunkt gedreht. Die Abbildungen 3a bis 3c veranschaulichen diesen Tatbestand.

(Mit Ausnahme der Abbildung 1 sind alle Zeichnungen dieser Arbeit wie auf dem Projektionsschirm orientiert.)

Herstellung der Sonnenzeichnung

Man versieht einen Kreis mit einem Strichkreuz und Nord-, Süd-, Ost- und Westpunkt und überträgt die auf dem richtig orientierten Projektionsschirm sichtbaren Flecke und Fackeln sorgfältig nach Augenmaß auf dieses Beobachtungsblatt. Vorteilhafterweise benutzt man dazu Transparentpapier, denn dann kann man mehrere Zeichnungen übereinanderlegen und so die Bewegung der Flecke besser verfolgen.

Auf das Blatt gehören noch: Name des Beobachters, laufende Nummer der Beobachtung, verwendetes Instrument (Objektivdurchmesser und Brennweite), Vergrößerung, Datum, Uhrzeit (Mitte der Beobachtung), Sichtbarkeitsbedingungen.

Für die Sichtbarkeitsbedingungen kann man folgende 5stufige Skala benutzen:

1. Sonnenrand gestochen scharf, Fackelgebiete auffallend.
2. Sonnenrand leicht bewegt, Fackelgebiete deutlich sichtbar.
3. Sonnenrand mäßig bewegt, Flecke erscheinen leicht verwaschen, Fackelgebiete schwer erkennbar.
4. Sonnenrand wallend, Flecke stark verwaschen.
5. Sonnenrand heftig wallend, Fleckenkerne und Penumbren gehen ineinander über, eine Beobachtung ist kaum noch möglich.

Außerdem läßt man noch Platz für Angaben, die später noch beschrieben werden (Abbildung 4). Die Genauigkeit der Strichkreuzmethode kann noch erhöht werden, wenn man statt des Strichkreuzes ein Netzmikrometer auf den Schirm zeichnet, wie es Dr. Leo in Heft 4/76 beschrieben hat.

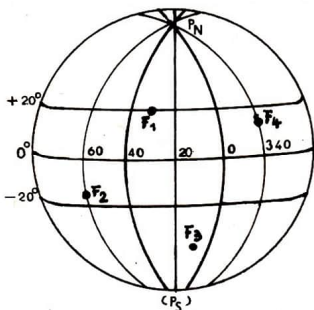


Abb. 5

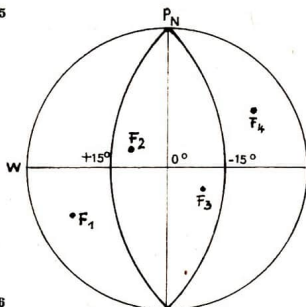


Abb. 6

Abb. 5 und 6: Lage von Sonnenfleckengruppen im Gradnetz der Sonne.

Bei der Beobachtung orientiert man das Netz wie das Strichkreuz und stellt das Sonnenbild genau in das Netz hinein.

Ein gleiches Netz zeichnet man auf Karton und legt es bei der Beobachtung so unter das Transparentpapier, daß das Strichkreuz des Transparentpapiers mit den Mittellinien des Netzes aufeinanderzuliegen kommt. Nun kann man das Sonnenbild des Projektionsschirmes auf das Transparentpapier mit hoher Genauigkeit übertragen; das quadratische Netz kann immer wieder verwendet werden. Auf diese Weise ist es möglich, ein genaues und richtig orientiertes Bild der Sonne bei relativ kurzer Beobachtungsdauer zu erhalten.

Das Gradnetz der Sonne

Unser Ziel muß sein, den Ort der beobachteten Flecken und Fackeln auf der Sonnenoberfläche anzugeben. Zu diesem Zweck denkt man sich die Sonnenkugel mit einem Gradnetz überzogen, das mit der Sonnenoberfläche verbunden ist. Die Koordinaten werden mit heliozentrischer Länge (L) und Breite (B) benannt. Da die Sonne rotiert, ist die Sonnenachse (= Rotationsachse) festgelegt, und damit haben auch die Pole ihre festgelegten Punkte (P_N = Sonnennordpol, P_S = Sonnensüdpol in Abbildung 5).

Der Kreis, der von beiden Polen den gleichen Abstand hat, ist der Äquator. Alle Punkte auf ihm haben die heliographische Breite $B = 0^\circ$. Der Winkel zwischen Äquator und einem Punkt in Richtung Pol ist die heliographische Breite B des Punktes. Sie wird auf der Nordhalbkugel positiv, auf der Südhalbkugel negativ von 0° (Äquator) bis 90° (Pol) gezählt. Die Breitenkreise erscheinen uns bis auf wenige Tage im Jahr wie der Äquator als flache, halbe Ellipsenbögen, weil die Achse der Sonne gegen die Erdbahn geneigt ist.

In Abbildung 5 hat Fleck 1 die heliographische Breite $B = +20^\circ$, Fleck 2 $B = -15^\circ$, Fleck 3 $B = -40^\circ$...

Die Längengrade stehen senkrecht auf dem Äquator. Sie werden von einem angenommenen Längengrad aus in Richtung der Sonnenrotation (von Ost nach West) von 0° bis 360° gezählt. Die heliographische Länge L eines Flecks gibt also den Winkelabstand des Längengrades, auf dem sich der Fleck befindet, vom nullten Längengrad an. In Abbildung 5 hat Fleck 1 eine heliographische Länge $L = 30^\circ$, Fleck 2 $L = 60^\circ$, Fleck 3 $L = 10^\circ$, Fleck 4 $L = 340^\circ$. Mit den Angaben von B und L ist der Ort eines Flecks eindeutig festgelegt.

Oft genügt es, den Winkelabstand λ eines Flecks vom Mittelmeridian anzugeben. Man zählt dann 0° bis 90° nach Westen positiv, nach Osten negativ. In Abbildung 6 gilt für Fleck 1 $\lambda = +40^\circ$, für Fleck 2 $\lambda = +10^\circ$, für Fleck 3 $\lambda = -10^\circ$, für Fleck 4 $\lambda = -40^\circ$.

Wegen der Sonnenrotation und dem sich mitdrehenden Gradnetz sind immer andere Längengrade auf der sichtbaren Hälfte der Sonne zu sehen. In astronomischen Kalendern ist für jeden Tag der Zentralmeridian angegeben, der sich um 0^h Weltzeit = 1^h MEZ im scheinbaren Mittelpunkt der Sonnenscheibe befindet. Er wird als „Länge des scheinbaren Sonnenmittelpunktes“ l bezeichnet.

Zu unserer Beobachtungszeit wird der scheinbare Sonnenmittelpunkt eine andere Länge als die im Kalender gegebene haben, denn die Sonne hat sich von 1^h MEZ bis zur Beobachtungszeit weiter-

gedreht. Die Länge des scheinbaren Mittelpunktes zur Beobachtungszeit erhält man durch Interpolation. Die Längen des scheinbaren Sonnenmittelpunktes nehmen im Laufe der Zeit ab, pro Tag etwa um $13,2^\circ$.

Beispiel: Im astronomischen Kalender ist für den Beobachtungstag 1^h MEZ die Länge des scheinbaren Mittelpunktes mit $l = 210^\circ$ angegeben. Für 1^h MEZ des nächsten Tages ist $l = 196,8^\circ$. Der Unterschied beträgt $210^\circ - 196,8^\circ = 13,2^\circ$. Je Stunde ändert sich die Länge um $13,2^\circ : 24^h = 0,55^\circ$. Beobachten wir um 15^h MEZ, also 14 Stunden nach der im Kalender angegebenen Zeit, so ist die Länge um 14^h $0,55^\circ = 7,7^\circ$ kleiner geworden, also $210^\circ - 7,7^\circ = 202,3^\circ$; das ist die Länge des Zentralmeridians um 15^h MEZ.

Eine neue Sonnenrotation beginnt, wenn der nullte Längenkreis durch den scheinbaren Mittelpunkt geht. Seit dem 1. Januar 1854 12^h Weltzeit numeriert man diese Sonnenrotationen. Den Beginn einer neuen Rotation mit der dazugehörigen Nummer findet man im „Kalender für Sternfreunde“. Die Sonnenachse steht auf der Erdbahnebene um einen Winkel von $7^\circ 15'$ geneigt. Deshalb erscheint sie uns gegen unsere Blickrichtung gekippt. Auch das Gradnetz ist dadurch perspektivisch verschoben.

Die Kippung der Sonnenachse gegen die Nord-Süd-Richtung nach rechts oder links wird durch den „Positionswinkel“ η (eta) ausgedrückt. Dabei wird die Kippung des Nordpols nach Westen negativ (Abb. 7a), nach Osten positiv (Abb. 7b) gekennzeichnet. Die Positionswinkel η kann man wieder einem astronomischen Kalender entnehmen, oder, da sie sich von Jahr zu Jahr recht wenig ändern, der Tabelle 2, die die mittleren Werte gibt.

Tabelle 2

Jan.	1.	+ 2,3°	May	1.	- 24,3°	Sept.	1.	+ 21,0°
	15.	- 4,5°		15.	- 21,2°		15.	+ 24,1°
Feb.	1.	- 12,1°	Juni	1.	- 15,7°	Okt.	1.	+ 26,1°
	15.	- 17,4°		15.	- 10,1°		15.	+ 26,3°
März	1.	- 21,5°	Juli	1.	- 2,9°	Nov.	1.	+ 24,6°
	15.	- 24,5°		15.	+ 3,4°		15.	+ 21,5°
Apr.	1.	- 26,2°	Aug.	1.	+ 10,7°	Dez.	1.	+ 15,5°
	15.	- 26,1°		15.	+ 15,9°		15.	+ 10,4°

Für Zeitpunkte, die zwischen den angeführten Daten liegen, wird man interpolieren. Dazu trägt man auf Millimeterpapier auf der waagerechten Achse das Datum, auf der senkrechten den Winkel η auf (Abb. 8). Aus dieser graphischen Darstellung kann der Wert für jeden Tag entnommen werden. Die Genauigkeit dieser Methode ist für unsere Zwecke ausreichend.

Die Kippung der Sonnenachse auf uns zu wird durch die „Breite des scheinbaren Sonnenmittelpunktes“ b ausgedrückt. Durch diese Kippung erscheinen uns der Äquator und die Breitenkreise nicht als Gerade, sondern als flache Halbellipsen. Da sich b im Laufe eines Jahres ändert, sind auch die kleinen Achsen der halben Ellipsenbögen verschieden groß (Abb. 9 u. 10). Außerdem ist das Vorzeichen von b verschieden. Die Halbellipsen sind bei positivem b nach unten gewölbt (d. h., der scheinbare Mittelpunkt M der Sonne befindet sich auf der nördlichen Halbkugel der Sonne, er hat positive heliographische Breite) und bei negativem b nach oben (der scheinbare Mittelpunkt M befindet sich auf der südlichen Halbkugel, er hat negative heliographische Breite).

Durch die Kippung der Achse auf uns zu wird bei positivem b der Nordpol der Sonne, bei negativem b der Südpol sichtbar.

Auch die Größe b ist astronomischen Jahrbüchern zu entnehmen oder der Tabelle 3, die wie Tabelle 2 die mittleren Werte gibt (Zwischenwerte interpolieren).

Tabelle 3

Jan.	1.	- 3,1°	May	1.	- 4,1°	Sept.	1.	+ 7,2°
	15.	- 4,6°		15.	- 2,4°		15.	+ 7,1°
Febr.	1.	- 6,1°	Juni	1.	- 0,6°	Okt.	1.	+ 6,7°
	15.	- 6,8°		15.	+ 1,1°		15.	+ 5,5°
März	1.	- 7,2°	Juli	1.	+ 2,9°	Nov.	1.	+ 4,3°
	15.	- 7,1°		15.	+ 4,4°		15.	+ 2,9°
April	1.	- 6,5°	Aug.	1.	+ 5,8°	Dez.	1.	+ 0,8°
	15.	- 5,6°		15.	+ 6,6°		15.	- 0,9°

Mit den Angaben über den Positionswinkel sowie die Länge und Breite des scheinbaren Sonnenmittelpunktes ist die Lage des Gradnetzes der Sonne eindeutig festgelegt. Alle drei Angaben werden auf dem Beobachtungsblatt notiert, damit man sie bei der Auswertung griffbereit hat.

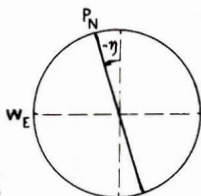


Abb. 7a

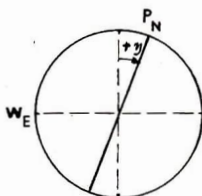


Abb. 7b

Abb. 7 (a, b): Positionswinkel der Sonnenachse gegen die irdische N-S-Linie.

Wir mußten nun versuchen, ein solches Netz mit dem Durchmesser des Sonnenbildes herzustellen, damit wir die am Fernrohr gewonnene Sonnenzeichnung auf das Gradnetz legen und die heliographische Breite sowie den Abstand der Flecke vom Zentralmeridian sofort ablesen können. Es ist aber schwer, ein solches vollständiges Netz zu zeichnen. Deshalb geben wir als Abbildung 11 ein Formblatt für heliographische Koordinaten als Muster. Formblätter in 2 Größen, die den Zeitraum eines vollen Jahres überdecken, können gegen eine geringe Gebühr vom ZFA Astronomie über die Sternwarte 963 Grimschach bezogen werden.

Bestimmung der heliographischen Koordinaten von Aktivitätserscheinungen

Mit Hilfe des auf Transparentpapier gezeichneten Projektionsbildes der Sonne, das den Durchmesser der gegebenen Koordinatenschablonen besitzt, und der Schablonen läßt sich die Lage der beobachteten Aktivitätserscheinungen der Sonne in heliographischen Koordinaten ablesen. Im gezeichneten Sonnenbild wird die Rotationsachse der Sonne mittels des Positionswinkels eingetragen. Dann bringt man das Sonnenbild mit derjenigen Gradnetzschablone zur Deckung, die für den Beobachtungstag gilt. Da die heliographische Breite der Bildmitte bereits reduziert ist, können für alle Flecke, Fleckengruppen und Fackelgebiete die heliographischen Breitenwerte im Beobachtungsprotokoll sofort fixiert werden. Die heliographischen Längen erhält man aus der Längendifferenz vom Mittelmeridian des Bildes bis zum Längengrad der Aktivitätserscheinung, die dann zum errechneten Zentralmeridian der Beobachtungszeit addiert wird. Man beachte aber das Vorzeichen des Absolutwertes der Längendifferenz. Längendifferenzen zum Mittelmeridian auf der westlichen Sonnenhälfte sind positiv, auf der östlichen negativ.

Ein Beispiel: Der Zentralmeridian ZM zur Beobachtungszeit sei 350° . Ein Fleck liegt 40° östlich des ZM, ein zweiter 25° westlich vom ZM. Demnach sind die heliographischen Längen dieser beiden Flecke $L = 350^\circ - 40^\circ = 310^\circ$; $L = 350^\circ + 25^\circ = 375^\circ = 15^\circ$.

Damit sind die Koordinaten der Flecke bestimmt. Man versieht die Flecke bzw. Gruppen mit laufenden Nummern und überträgt diese mit allen Angaben zu den Flecken bzw. Gruppen in das Protokoll. Zu diesen Angaben gehört auch der Gruppentyp. Man kann die folgende Züricher Klassifikation verwenden:

Klasse	Beschreibung
A	Einzelfleck oder Gruppe von Flecken, ohne Penumbra bzw. ohne bipolare Struktur
B	Gruppe von Flecken ohne Penumbra, bipolar
C	Bipolare Fleckengruppe, 1 Hauptfleck mit Penumbra
D	Bipolare Fleckengruppe, beide Hauptflecken mit Penumbra, ein Hauptfleck mit einfacher Struktur, Länge im allgemeinen $< 10^\circ$
E	Große bipolare Fleckengruppe, Hauptflecken mit Penumbra und komplizierter Struktur, zwischen den Hauptflecken zahlreiche kleinere Flecken, Länge $> 10^\circ$
F	Sehr große Gruppe, Länge $> 15^\circ$, sonst wie E
G	Große bipolare Gruppe ohne Flecken zwischen den Hauptflecken, Länge $> 10^\circ$
H	Unipolarer Fleck mit Penumbra, Durchmesser $> 2,5^\circ$
J	Unipolarer Fleck mit Penumbra, Durchmesser $< 2,5^\circ$

Es ist ein Entwicklungsschema, denn es stellt in der Reihenfolge der Klassen den Entwicklungsgang einer großen Fleckengruppe dar. Bei kleineren Gebilden geht die Entwicklung von A bis C oder D und zurück. Vielfach werden auch einzelne Klassen übersprungen.

Es ist nicht immer ganz leicht, den beobachteten Gruppen die zugehörige Klasse zuzuordnen. Deshalb ist es günstig, die Züricher Klasseneinteilung nach eigenem Ermessen zu erweitern bzw. mit

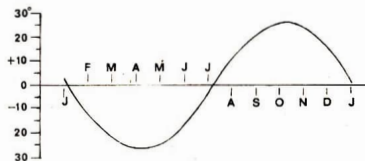


Abb. 8:
Nomogramm: Jahreszeitliche Änderung des Positionswinkels.

Zusätzen zu versehen. Ein solcher Zusatz könnte die Größe der Flecke angeben, es könnte ein kleiner Buchstabe sein (z. B. a sind kleine, c mittlere und e große Flecke).

In Abbildung 4 ist ein vollständiges Beobachtungsblatt als Beispiel gegeben.

Die Auswertung der Sonnenbeobachtung

Die einfachste Auswertung ist die Ermittlung der Gruppen- und der Relativzahlen. Manchmal ist es schwierig zu bestimmen, ob nur eine Gruppe oder zwei Gruppen vorliegen (auch ein einzelner Fleck ist eine Gruppe). Um das einigermaßen sicher zu bestimmen, muß man die Entwicklung und die Ausdehnung in bezug auf die heliographische Länge berücksichtigen. Große Gruppen können länger als 15° sein, und wenn sie dann noch typisch bipolar sind, kommt man leicht in Versuchung, eine Gruppe als zwei anzusehen. Die Berechnung der Relativzahl wurde bereits in Heft 4/76 dieser Zeitschrift (Künzel/Dr. Leo) beschrieben. Die für g , f und r bestimmten Werte werden im Protokoll (an gut sichtbarer Stelle) festgehalten.

Auf diese Art werden auch in der Zentralstelle für die Sonnenbeobachtung in Zürich die Relativzahlen (R) bestimmt, mit dem Faktor 0,6 multipliziert und jährlich veröffentlicht. Sie werden mit unseren Werten nicht übereinstimmen, denn die Beobachtungsinstrumente sind verschieden und auch die Beobachtungserfahrungen sowie die klimatischen Verhältnisse des Beobachtungsortes spielen eine Rolle. Um annähernd gleiche Werte zu erhalten, korrigieren wir unsere Relativzahl mit einem Faktor k , der von verschiedenen persönlichen Faktoren abhängt. Er wird auf folgende Weise ermittelt:

$$k = \frac{R}{r}$$

R = Relativzahl von Zürich für einen bestimmten Tag
 r = persönlich ermittelte Relativzahl für den gleichen Tag wie R .

Die Relativzahlformel nimmt dann folgende Form an: $R = k (10 g + f)$

Abb. 9 und 10: Änderung der Achsenlage der Sonne im Jahreslauf.

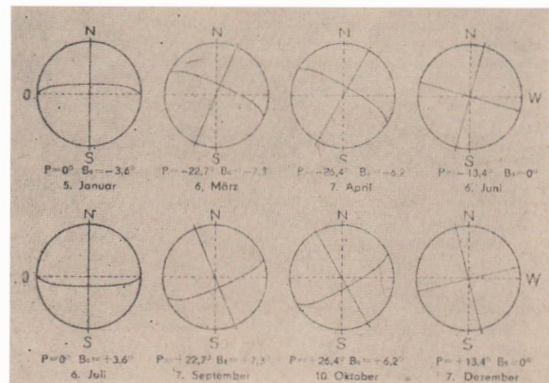


Abb. 9
 η und b_M negativ

Abb. 10
 η und b_M positiv

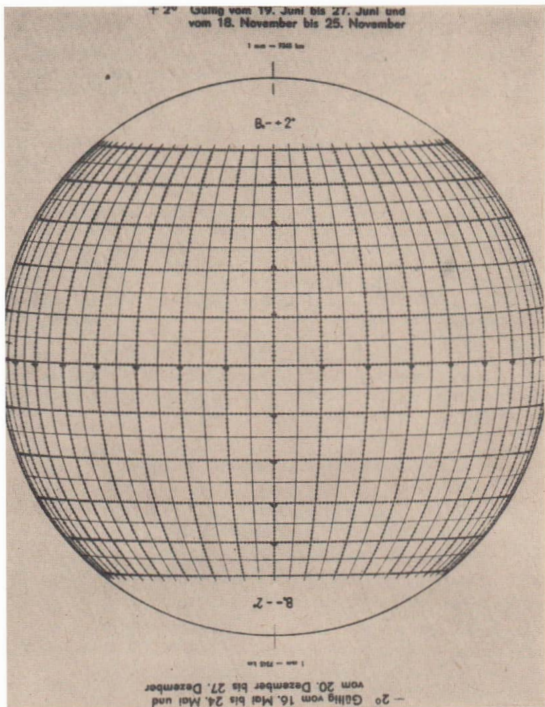


Abb. 11: Musterformblatt für heliographische Koordinaten.

Diese Relativzahl kann man über einen großen Zeitraum hinweg erfassen. (Bei unserem Klima ist es aber nicht möglich, jeden Tag eine Beobachtung durchzuführen.) Deshalb bildet man Monatsmittel. Man addiert die Relativzahlen aller Beobachtungstage eines Monats und dividiert durch die Anzahl der Beobachtungen. Diese Monatsmittel werden dann in Form einer Kurve aufgezeichnet. Es werden in dieser Kurve Schwankungen auftreten und man wird feststellen, daß diese Schwankungen beträchtlich sind und daß der Überblick dadurch verloren geht. Deshalb benutzt man gleitende Mittel. A, B, C usw. seien die gleitenden Mittelwerte, a, b, c usw. die Monatsmittel der Monate a, b, c usw. Dann gilt:

$$B = \frac{a + b + c}{3} \quad C = \frac{b + c + d}{3} \quad D = \frac{c + d + e}{3}$$

Um diese Kurve noch mehr zu glätten, kann man gleitende Mittel aus 5, 7 oder 9 Monaten bilden. Damit aber die charakteristischen Besonderheiten der Kurve nicht verloren gehen, kann man gleitende Mittel aus 7 Monaten bilden, deren 3 mittlere Werte doppeltes Gewicht erhalten:

$$D = \frac{a + b + 2c + 2d + 2e + f + g}{10}$$

$$E = \frac{b + c + 2d + 2e + 2f + g + h}{10}$$

Dieser Weg wurde von Dr. Paul Ahnert im „Kalender für Sternfreunde 1960“ angewendet und ist für Amateure günstig. Eine solche Kurve ist zur Bestimmung der Minima und der Maxima gut geeignet. Aber nicht nur die Monatswerte lassen sich mitteln, sondern auch die Werte einzelner Rotationen.

Äußerst interessant ist die Verteilung der Gruppen bzw. Flecke auf der Nord- und Südhalbkugel. Man kann für beide Halbkugeln getrennt die Relativzahlen (oder Gruppenzahlen) bestimmen und auswerten. Ebenso lassen sich die Fleckenzyklen einzeln behandeln. Dabei sind die Flecke in Äquaturnähe die letzten des alten Zyklus, diejenigen in hohen Breiten die ersten des neuen Zyklus. Kennt man die Koordinaten der Gruppen, ist die Bestimmung der Lebensdauer möglich. Manche große Fleckengruppe überdauert mehrere Sonnenrotationen. Sie verschwindet am Westrand und taucht nach 14 bis 15 Tagen am Ostrand wieder auf. Selbstverständlich hat sie dann fast die gleichen Koordinaten und ist dadurch identifizierbar. Es besteht auch die Möglichkeit, die Fleckengröße nach einer Gedächtnisskala zu schätzen und in Beziehung zur heliographischen Breite, zum Zeitpunkt vor und nach dem Maximum, zur Lebensdauer usw. zu bringen.

Außerdem interessiert die Fleckenfläche, die in Millionstel der Sonnenoberfläche angegeben und von den Berufsastronomen mit komplizierten Geräten gemessen wird. Genähert ist die Größe auf einfache Weise durch folgende Beziehung zu erhalten: $F' = 16,7 \cdot R$.

Die Ergebnisse beider Verfahren sind praktisch gleich.

Sicherlich wird man durch diese Arbeiten an der Sonne keine neuen Gesetzmäßigkeiten oder Erkenntnisse finden. Trotzdem ist diese Beschäftigung für uns persönlich ein Gewinn und es ist immer interessant, die Entwicklung der Sonnenaktivität zu verfolgen, die man bis jetzt noch nicht exakt vorausberechnen kann.

Sonnenbeobachter werden gebeten, ihre Beobachtungsergebnisse an die Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“, 963 Crimmitschau, Str. der Jugend 8, zur zentralen Auswertung einzusenden.

Hinweise zur Auswertung eigener Aufnahmen des Kometen West

Der Komet 1975 n hatte am 5. März 1976 einen Abstand von rund 125 Mill. km zur Erde und bewegte sich an diesem Tage mit einer Geschwindigkeit von etwa $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ in seiner Bahn.

Nach den Angaben der Beobachter M. Müller (Ellenburg) und K. Müller (Drebach) über die Winkelausdehnungen des Schweifes auf ihren Aufnahmen (s. Heft 4/76) ließen sich die linearen Dimensionen des Schweifes berechnen nach $\sin \alpha = \frac{l}{d}$

wobei α die scheinbare, l die wahre Schweiflänge und d den Abstand Erde – Komet bedeuten.

Für die Eilenburger Angaben ergibt sich die wahrnehmbare Schweiflänge fotografisch zu $18 \cdot 10^6 \text{ km}$ und visuell zu $\approx 47 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Die in Drebach gewonnene Aufnahme bildet den Schweif ab mit einer Länge von $\approx 24 \cdot 10^6 \text{ km}$ und größten Breite von $\approx 13 \cdot 10^6 \text{ km}$.

In entsprechender Weise läßt sich jede gewonnene Aufnahme des Kometen auswerten, wenn die Entfernung Erde – Komet für den Beobachtungstag bekannt ist.

HEINZ ALBERT

Beobachtungen des Kometen West (1975 n)

Am 4. 3. 76 und am 5. 3. 76 wurde der Komet West von der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha aus beobachtet. An beiden Tagen wurden photographische Aufnahmen angefertigt (s. Bildseite II).

Nach visuellen Beobachtungen vom 5. 3. hatte der Komet einen zweiteiligen Schweif. Die Schweiflänge betrug etwa 18° . In einer Entfernung von 2° vom Kern spaltete sich der Schweif in zwei Hauptteile. Beide Teile hatten in sich eine Streifenstruktur. Der linke Schweif bog stark nach Norden ab und war länger als der rechte. Die visuelle Helligkeit wurde zu 2^m geschätzt. Der helle Stern im Schweif ist Epsilon Pegasi.

Aufnahmedaten Abb. 1:

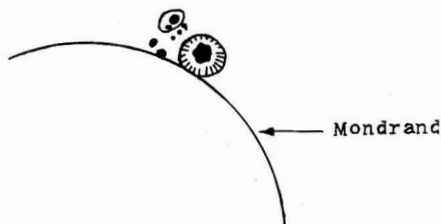
Exakta VX 1000, 1:2/50 mm

Belichtungszeit: $5^m00^s - 5^m05^s$ MEZ (5. 3. 76), NP 27, Ausschnittvergrößerung. Im Vordergrund sind die Straßenbeleuchtung sowie Äste eines Baumes zu sehen.

Aufnahmedaten Abb. 2:

Spiegelobjektiv 1:5,6/1000 mm, Belichtungszeit: $5^m00^s - 5^m08^s$ MEZ (4. 3. 76), NP 27, leicht nachvergrößert.

H. BUSCH/K. HÄUSSLER



Meine Finsternisbeobachtung vom 29. 4. 1976

Abb. 1:
Eintrittskontaktmessung am linken
Rand des großen Sonnenflecks der
Gruppe am 29. 7. 76 10^h 44^m 03,9^s
MEZ.

Bei einigermaßen gutem Wetter konnte ich die Finsternis verfolgen und 18 Zeichnungen der Bahn des Mondrandes vor der Sonnenscheibe anfertigen.

Ich beobachtete an unserer „Station Sonnenwinkel“ in Dresden ($\lambda = -0^h 55^m 22^s$; $\varphi = +51^\circ 02' 13''$; $h = 183,8$ m ü. NN) mit einem 80/1200-Refraktor bei 75facher Vergrößerung (Herschelpisma). Die Zeitnahme erfolgte mit einem Taschenchronometer Glashütte mit Zentralsekunde und Stoppuhr. Zeitzeichenvergleiche wurden um 10^h und 13^h MEZ durchgeführt (Radio DDR I). Für die Temperaturmessungen benutzte ich ein Thermometer der Firma Hermann Künzel, Ilmenau, mit 0,1°-Teilung.

Interessant zu beobachten war der Vorübergang des Mondes an einer mittelgroßen Sonnenfleckengruppe. Abbildung 1 zeigt den 1. Kontakt des Mondrandes mit dem linken Rand des großen Flecks dieser Gruppe, der um 10^h 44^m 03,9^s MEZ eintrat. Der Austritt des Mondes (Ende der Finsternis) erfolgte am Beobachtungsort um 12^h 59^m 02,8^s MEZ.

Abb. 2

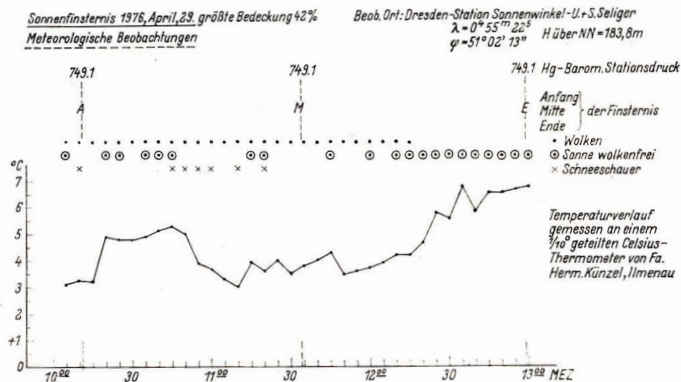


Abbildung 2 gibt die von mir registrierten meteorologischen Bedingungen während der Finsternis wieder. die möglicherweise für Vergleiche geeignet sein können. Die Messungen wurden in 5-Minuten-Intervallen ausgeführt.

Nicht unerwähnt lassen möchte ich ein mir auffälliges „Vogelgezwitscher“ um die Mitte der Finsternis herum (± 30 Minuten).

URSULA SELIGER

Fotografische Himmelsaufnahmen mit der Kleinbildkamera

Der Wunsch, astrofotografisch zu arbeiten, ist unter den Amateuren stark verbreitet. Viele scheuen sich davor wegen der materiellen Aufwendungen. Die meisten Amateure sind aber im Besitz einer Kleinbildkamera. Die folgenden Ausführungen sollen einige Anwendungen der Kleinbildkamera zeigen.

Neben der Kamera benötigen wir für Himmelsaufnahmen noch ein stabiles Stativ, eventuell mit Kinokopf und einem Drahtauslöser. Nun ist jedem bekannt, daß die Sterne strichförmig abgebildet werden, wenn die Kamera nicht nachgeführt wird. Derartige Sternspuraufnahmen sind aber auch durchaus informativ (Bewegung der Sterne um den Himmelspol, unterschiedliche Helligkeiten, Sternbilder). Aus geeigneten Aufnahmen läßt sich die Polhöhe ermitteln und damit die geographische Breite des Beobachtungsortes.

Bei Verwendung von Farbfilm (UT 18) erscheinen die Sternspuren farbig. Ein günstiges Objekt ist dafür Orion. Es bildet sich dabei der Orionnebel als eine rote Spur ab (Nachweis für leuchtenden Wasserstoff).

Die Reichweite derartiger Aufnahmen ist beachtlich. Abbildung 1 (s. Bildseite IV) wurde mit einem Tessar 2, 8/50 auf NP 27 erhalten. Es wurden Sterne bis $11^{\circ}6'$ abgebildet.

Außer diesen Sternspuren können wir mit einer stillstehenden Kleinbildkamera auch punktförmige Abbildungen erhalten. Wir müssen nur entsprechend kurz belichten.

Einfluß auf die Spurlänge der Sterne hat die Belichtungszeit, die Brennweite des verwendeten Objektivs und die Deklination des Sterns. Da wir in beliebigen Höhen fotografieren wollen, müssen wir unsere Belichtungszeit nach Äquaturnahen Sternen richten. Wir fotografieren zunächst Sterne in Äquaturnähe und ermitteln die optimale Belichtungszeit, indem wir verschieden lange belichten (5 s—60 s) und die Negative entsprechend auswerten.

Bei 1 Minute Belichtungszeit mit einem Objektiv von 50 mm Brennweite entsteht auf dem Negativ eine Spur von 0,2 mm Länge. Ob das Sternbild punktförmig erscheint oder nicht, hängt noch von der Spurbreite ab. Wir wissen, die Spurbreite ist von verschiedenen Faktoren abhängig (Film, Optik, Helligkeit). Je breiter die Spur ist, desto länger können wir belichten.

Auf einer Aufnahme kommen in Abhängigkeit von der Helligkeit der Sterne große Unterschiede der Spurbreiten vor. Als optimale Belichtungszeit ergeben sich 20 s (für Tessar 2, 8/50 und NP 27). Dabei werden noch Sterne bis 6^{m} abgebildet.

Mit dieser Methode ist es möglich, einen fotografischen Sternatlas, der alle mit bloßem Auge sichtbaren Sterne enthält, herzustellen.

Eine Kleinbildkamera mit normaler Optik hat ein Bildfeld von etwa $20^{\circ} \times 30^{\circ}$. Wegen der Verzeichnung am Rande wollen wir nur ein Feld von $18^{\circ} \times 24^{\circ}$ ausnützen.

Richten wir die Kamera auf eine Höhe von 9° aus, so benötigen wir 15 Aufnahmen ($360^{\circ}:24^{\circ}$), um die Sterne bis zu 18° Höhe zu fotografieren. Danach beginnen wir in einer Höhe von 27° ($18^{\circ} + 9^{\circ}$) die zweite Aufnahmereihe (s. Abb. 2).

Aus Tabelle 1 ist die Anzahl der erforderlichen Aufnahmen für die entsprechenden Höhen ersichtlich. Die 3. Spalte gibt an, um wieviel Grad die Kamera im Azimut jeweils für die nächste Aufnahme verstellt werden muß.

Tabelle 1

Höhe	Anzahl der Aufnahmen	Änderung im Azimut
9°	15	24°
27°	14	26°
45°	12	30°
63°	9	40°
81°	4	90°

Hieraus folgt: 54 Aufnahmen sind erforderlich, um auf diese Weise die Himmelskugel zu fotografieren. Bei einer Belichtungszeit von 20 s läßt sich diese Aufgabe in 20 min lösen. Wenn wir ein halbes Jahr später diese Aufnahmen wiederholen, dann können wir auch den Rest der bei uns sichtbaren Sterne fotografieren. Günstig ist die Verwendung eines azimutal aufgestellten Telemontors, da dessen Teilkreise zur Einstellung benutzt werden können. Weitere Anwendungsmöglichkeiten einer nicht nachgeführten Kleinbildkamera sind beispielsweise die Fotografie von bestimmten Konstellationen (s. Bildseite IV, Abb. 3 Mond — Venus, Belichtungszeit 10 s) und heller Kometen.

BERND ZILL

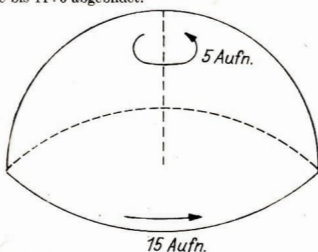


Abb. 2

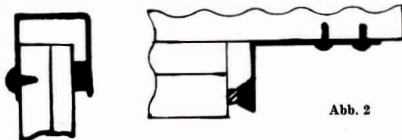


Abb. 2

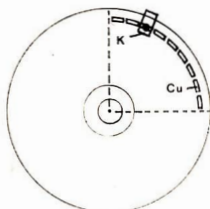


Abb. 1: Höhenachse
S — Schleifkontakt
Cu — Kupferstück

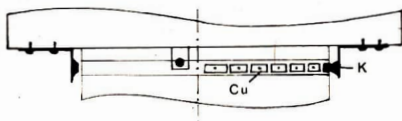


Abb. 3

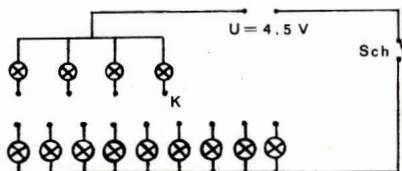


Abb. 4

Abb. 2: Schleifkontakt
links: Höhenachse
rechts: Azimutachse

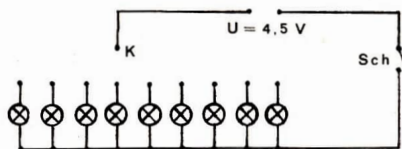


Abb. 3: Azimutachse
K — Kontakt
Cu — Kupferstück

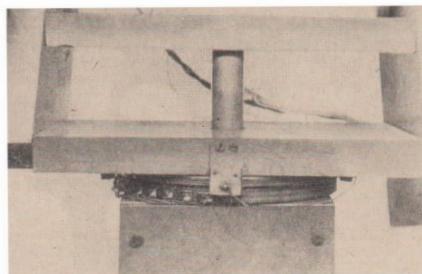
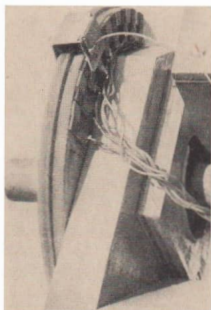
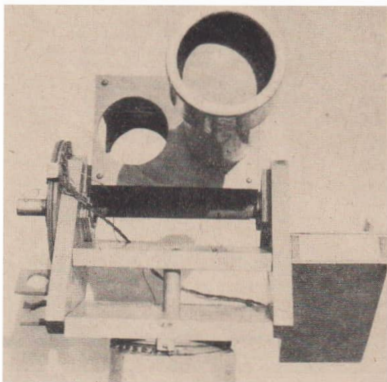


Abb. 7, links:
Ansicht von den Schleifkontakten
(Horizontachse).

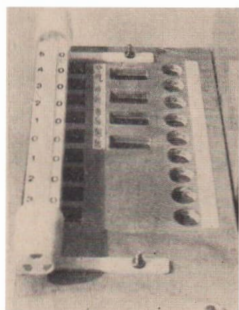
Gradanzeigergerät für azimutal montierte Fernrohre

Viele junge Amateurastronomen sind kaum in der Lage, sich die nicht billigen, industriell gefertigten, parallaktisch montierten Fernrohre anzuschaffen, die gute Gradeinteilungen besitzen. Oft ist es dem Anfänger schwer, parallaktische Montierungen selbst zu bauen. Trotzdem ist er an Positionsmessungen interessiert. Zur Winkelmessung genügen bereits handels-

**Abb. 5: Gesamtansicht des Fernrohrs
(50/540).**



**Abb. 6, links:
Ansicht von den Schleif-
kontakten (Vertikalachse).**



**Abb. 8, rechts:
Ansicht vom Anzeigegerät.**

übliche Winkelmesser aus Plast. Will man nun am Fernrohr beobachten und gleichzeitig Winkelmessungen durchführen, so beginnen hier die Schwierigkeiten. Entweder man hat den Winkelmesser extra montiert, also an einem zusätzlichen Gestell, oder er befindet sich direkt am Fernrohr und muß ständig neu mit der Drehung des Fernrohres eingeordnet werden. Als Ausweichmöglichkeit bietet sich an, eine Gradeinteilung an Holzscheiben, von denen eine mit der jeweiligen Achse mitgeht, anzubringen. Da der Beobachtungsort wenig aufgehellte sein soll, sind abgeblendete Lampen erforderlich. Besonders beim Beobachten zentnaher Objekte macht sich ein Aufstehen notwendig, um die Werte abzulesen.

Um diese genannten Nachteile zu umgehen, schuf ich mir ein einfaches elektrisches Gradanzeigergerät. Es gibt jeweils die Grade in Zehnerintervallen an, was für die Verfolgung bewegter Objekte wie Satelliten, vollauf genügt. Natürlich kann die Meßgenauigkeit durch etwas mehr Aufwand je nach den Anforderungen noch erhöht werden. Als Stromquelle dient eine 4,5 V-Batterie, zwei Druckschalter sind für die Inbetriebnahme des Gerätes vorgesehen. Die Höhenachse wird mit Hilfe von neun Glühlampen 4 3,5 V kontrolliert. Zwei 16 cm im Durchmesser große Scheiben, wovon eine starr mit der Achse, die andere an der Montierung befestigt ist, reiben gegeneinander. Ich baute mein Fernrohr gleich so, daß durch die beiden Scheiben die Höhenachse festgestellt werden kann. Neun Kupferkontakte, zwischen denen maximal 1 mm Abstand besteht, sind so an der feststehenden Scheibe angebracht, daß ein Viertel des Vollkreises besetzt ist. An der anderen Scheibe läuft ein aus Plast und Kupferdraht gefertigter Schleifkontakt mit.

An der Azimutachse sieht es ähnlich aus. Nur sind hier vier Schleifkontakte — jeweils 90° zueinander versetzt — angebracht. So werden drei Lampenreihen 4 9 Stück eingespart. Der Schaltplan gibt die Anschlüsse an. Es empfiehlt sich, die Schleifkontakte nicht zu starr zu montieren, um ein leichtes Gleiten über die Kontakte zu gewährleisten. Die Kabel werden zweckmäßig durch die Azimutachse (Rohr) zum Anzeigegerät geführt. Zu beachten ist, daß das Kabel etwas länger sein muß und das Fernrohr nicht ständig in eine Richtung gedreht wird. Zwischen die einzelnen Glühlampen habe ich Balsoholz geklebt, damit der Schein jeweils nur durch ein Loch dringt. Die Löcher wurden mit bunter Plastfolie hinterlegt, um

ein Blenden der Augen zu verhindern. Die vier Lampen für die Viertelkreise bekamen jeweils eine andersfarbige Plastfolie zur Unterscheidung. Das Anzeigegerät wurde schräg zum Beobachter montiert; ein Aufstehen während der Beobachtung fällt dadurch weg, die Werte können sofort abgelesen werden.

Ich kann versichern, daß ich mit dem Gerät gute Erfahrungen gemacht habe. Der Preis für die benötigten Bauteile beträgt ungefähr 15 Mark. Der Kasten wurde aus 15 mm starkem Sperrholz gefertigt.

Bauteile: Plast, Sperrholz, Kupferdraht und -band, 22 weiße 3,5 V Glühlampen, Fassungen, 2 Druckschalter, 5 Schleifkontakte aus Plast und Kupfer, 4,5 V-Batterie.

ANDRÉ WINZER

Junge Amateure

Visuelle Beobachtung der Nova Cyg 1975 (V 1500 Cyg)

Im Zeitraum zwischen dem 29. 8. 75 und 4. 12. 75 war es mir möglich, an 25 Tagen die Nova zu beobachten. Nachfolgende Ergebnisse wurden dabei erhalten. Die Resultate der durchgeführten Einzelschätzungen gibt Tabelle 1.

Tabelle 1

Datum/MEZ	JD	m_{vis}	Instr.	Datum/MEZ	JD	m_{vis}	Instr.
1975 Aug. 29,92	2442654,38	2.4	—	16,84	702,30	8.5	1
30,05	654,51	2.3	—	23,80	709,26	8.5	1
30,99	655,45	1.9	—	27,79	713,25	8.6	1
Sept. 02,90	658,36	3.9	—	29,79	715,25	8.8	1
03,94	659,40	4.8	—	31,82	717,28	8.8	4
06,84	662,30	5.8	1	Nov. 02,78	719,24	9.0	1
08,92	664,38	5.8	1	15,80	732,26	9.3	2
09,88	665,34	6.2	1	22,79	739,25	9.5	2
14,84	670,30	6.7	1	23,79	740,25	9.4	2
17,83	673,29	7.1	1	24,86	741,32	9.4	4
20,83	676,29	7.6	2	Dez. 04,81	751,27	9.7	1
22,84	678,30	7.4	1				
28,85	684,31	7.6	3				
29,90	685,36	7.8	1				
Okt. 12,88	698,34	8.5	2				
16,80	702,26	8.4	1				

Instrumente 1 = 150/2250 Coudé-Refraktor (60 ×)
 2 = 165/1430 Newton-Refraktor (55 ×)
 3 = 50/180 Refraktor (8 ×)
 4 = 80/800 Refraktor (20 ×)

Vergleichssternhelligkeiten: AAVSO

Aus der Geschwindigkeit des Helligkeitsabfalles nach dem Maximum besteht die Möglichkeit, näherungsweise die Entfernung der Nova abzuleiten. Als Kriterium nimmt man hierbei die Dauer des Absinkens der Helligkeit um drei Größenklassen nach dem Maximum.

Um die Genauigkeit der durchgeführten Auswertung zu erhöhen, wurden zur Bestimmung des Maximumzeitpunktes und der Maximumhelligkeit in den IAU-Circularen mitgeteilte Beobachtungen herangezogen. Die anderen Daten ermittelte ich aus meinen Beobachtungen.

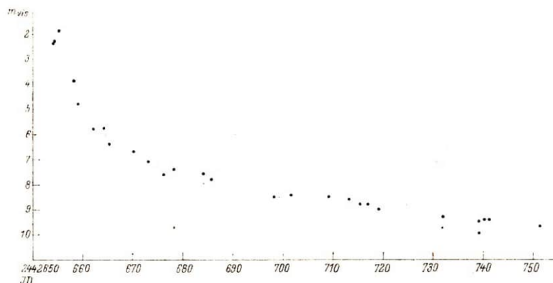


Abb. 1:
Beobachtete
visuelle
Lichtkurve.

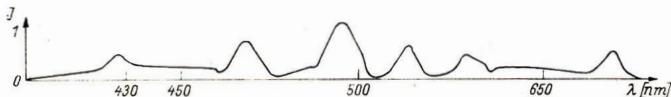


Abb. 2: Intensitätsverteilung im Nova-Spektrum 08.09.75, 150/2250 Coudé-Refraktor.

$$t_{(\max)} = 1975 \text{ Aug. } 30^{\circ}90 \pm 0^{\circ}2$$

$$m_{(\max)} = 1^{\circ}75 \pm 0^{\circ}05$$

$$t_{(\max - 3^m)} = 1975 \text{ Sept. } 04^{\circ}1 \pm 0^{\circ}3$$

Somit beträgt die Zeitdauer für das Absinken der Helligkeit um drei Größenklassen nach dem Maximum 4.2 Tage.

D. McLaughlin gab eine Beziehung, um unter Verwendung dieses Zeitwertes die absolute Helligkeit der Nova zur Zeit des Maximums abzuleiten.

$$M_{(\max)} = -11.5 + 2.5 \lg t_{3,v}$$

Setzen wir in diese Formel das oben erhaltene $t_{3,v} = 4.2$ ein, erhalten wir eine absolute Helligkeit von $-9^{\circ}9 \pm 0.2$ mag. Nun wäre es eigentlich möglich, über das Entfernungsmodul $m - M$ eine genäherte Entfernungsgabe zu erhalten. Vorher muß jedoch noch die Größe der interstellaren Absorption gefunden und bei der Bestimmung des Entfernungsmoduls berücksichtigt werden. Hier bietet sich wieder ein sehr einfaches Näherungsverfahren an. Aus dem Farbexzess $E_{(B-V)}$ kann man über eine Beziehung die visuelle Gesamtabsorption A_v bestimmen. Aus $B-V$ -Beobachtungen, welche in großer Zahl in den IAU-Circulars mitgeteilt worden sind, ermittelte ich zur Zeit des Maximums einen Wert von $+0^{\circ}57 \pm 0^{\circ}05$. Th. Schmidt gibt für Novae zur Zeit der Maxima einen mittleren $B-V$ -Wert von $+0^{\circ}35 \pm 0^{\circ}05$. Somit würde sich für diese Nova ein Farbexzess $E_{(B-V)} = 0^{\circ}22$ ergeben.

Anhand statistischer Untersuchungen fand man das mittlere Verhältnis von visueller Gesamttextinktion von $0^{\circ}7 \pm 0^{\circ}2$. Das Entfernungsmodul lautet dann wie folgt:

$$m - M = m_{(\max)} - A_v - M_{(\max)}$$

$$m - M = +11^{\circ}1 \pm 0^{\circ}3$$

Dieser Wert von $+11^{\circ}1 \pm 0^{\circ}3$ entspricht einer Entfernung von (1660 ± 300) pc.

Filter- und Farbbeobachtungen

Bis zu einer Helligkeit von $7^{\circ}5$ war es mit den größeren Instrumenten möglich, die Farbe der Nova direkt zu schätzen. Hierzu benutzte ich die Osthoffische Skala.

Mit Filterkombinationen versuchte ich ebenfalls Farbbestimmungen durchzuführen. Mit dem Auge als Strahlungsempfänger realisierte ich unter Verwendung eines Filters BG 12 (Dicke 2 mm) einen Bereich b , mit einem Filter OG 5 (Dicke 2 mm) einen Bereich v .

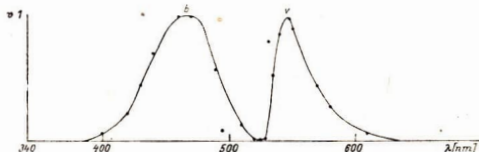
Datum/MEZ	b_{vis}	v_{vis}	$b - v$	c
1975 Aug. 29,92	$+0^{\circ}6$	$-0^{\circ}3$	$+0^{\circ}9$	4
30,99	$+0^{\circ}6$	$-0^{\circ}2$	$+0^{\circ}8$	3.5
Sept. 02,90				5.5
06,84	$+0^{\circ}1$			6
08,02				7
09,88				7

Datum/MEZ	b_{vis}	v_{vis}	$b - v$	c
14,84				8
17,83				8
20,83	$-0^{\circ}4$	$0^{\circ}0$	$-0^{\circ}4$	9
22,84				8
Okt. 12,88	$-0^{\circ}3$			
Nov. 02,78	$-0^{\circ}1$	$+0^{\circ}9$	$-1^{\circ}0$	

Die Nova veränderte im Beobachtungszeitraum deutlich ihre Farbe. An vier Tagen war es möglich, mit einem Okularspektroskop das Spektrum der Nova zu beobachten. Das Novaspektrum, in dem breite Bandenabsorptionen und Emissionen miteinander abwechselten, war sehr auffällig. Es konnte auch die Ursache der immer stärker werdenden rötlichen Färbung in einer für Novae typischen Zunahme der Intensität der H-Linie gefunden werden.

DIETMAR BÖHME

Abb. 3:
Transmissionskurven der
Spektalbereiche v und b .



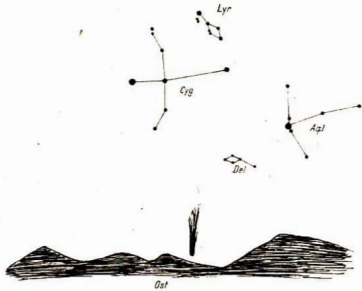


Abb. 1, oben: Komet West am Sternhimmel.

Abb. 2, links: Beobachtungsskizze.

Beobachtung des Kometen „West“

Am 4. 3. 1976 um 5.45 Uhr MEZ konnte ich am östlichen Sternhimmel den Kometen 1975 n „West“ sichten. Seine Koordinaten betragen ungefähr: $\alpha \approx 22^h$, $\delta \approx +5^\circ$ (1950,0).

Abbildung 1 gibt den Ort des Kometen kurz nach seinem Aufgang über dem Osthorizont wieder. Die Schweiflänge bestimmte ich zu etwa 2° (Folge der vorgeschrittenen Dämmerung).

Abbildung 2 zeigt den Kometen, wie ich ihn im Feldstecher sah. Seine Helligkeit betrug etwa $1 \dots 2^m$. Der Komet wies eine leicht gelbrötliche Färbung auf.

Ich beobachtete mit einem Feldstecher 8×30 .

KERSTIN REICHENBÄCHER

Aus der Literatur

DDR-Wissenschaftler im Interkosmosprogramm

Im multilateralen Interkosmosprogramm kommt der Arbeit der Wissenschaftler aus der Deutschen Demokratischen Republik große Bedeutung zu. Die DDR ist seit dem Jahre 1965 an diesem Programm beteiligt.

Seit dieser Zeit entwickelten, bauten und testeten wissenschaftliche Einrichtungen in der DDR Geräte, die in die Satelliten der Interkosmosserie, in geophysikalische und meteorologische Raketen eingebaut wurden. Dabei beteiligten sich die Fachleute aus der DDR unmittelbar an den Tests, der Vorbereitung und den Starts der Raumflugkörper.

Einen bedeutenden Beitrag leisteten die DDR-Wissenschaftler zur Erforschung der Naturreichtümer der Erde. Kennzeichnend für diesen Bereich der Raumforschung ist, daß die Erdoberfläche das Forschungsobjekt ist und dazu Satelliten mit niedrigen Umlaufbahnen oder fliegende Laboratorien benötigt werden.

Die Forschungsergebnisse sind von größter ökonomischer Bedeutung. Unsere Fachleute entwickeln gemeinsam Methoden und Mittel, um Videoinformationen von den künstlichen Satelliten zu empfangen und zu verarbeiten. Diese Arbeiten sollen dazu dienen, Testmodelle von Geräten zu entwickeln, um die Erde aus dem Weltraum in verschiedenen Breiten zu fotografieren und die erhaltenen Angaben zu verarbeiten. Großen Anteil hat der VEB Carl Zeiss Jena daran.

In der Weltraumphysik sind Themen aktuell, die mit der Erforschung der Ionosphäre verknüpft sind. Die Wissenschaftler der DDR messen der Erforschung des Zusammenwirkens von Ionosphäre und Magnetosphäre große Bedeutung bei und untersuchen vor allem die verschiedenen Formen des Energieaustauschs.

Umfassende gemeinsame Arbeiten nehmen Wissenschaftler aus der UdSSR und der DDR zur Entwicklung der physikalischen und thermodynamischen Theorie der Planeten vor. Sie dienen der späteren Formulierung von Gesetzen der

Entstehung des Planetensystems sowie der Nutzung dieser Gesetze zur Ableitung qualitativer und quantitativer Gesetzmäßigkeiten der geologischen Geschichte.
Die Einrichtungen in der DDR verfügen besonders in der Elektronik über große Produktionserfahrungen sowie über ein hohes technologisches Niveau und versorgen die Forschung mit wissenschaftlich-technischen Entwicklungen. Von großer Bedeutung sind auch die Leistungen der DDR bei der automatisierten Verarbeitung der Ergebnisse der Raumfahrtexpeditionen.

PAStU 21/76

Weitreichender Magnetschweif Jupiters

Nach Angaben der Sensoren der amerikanischen Planetensonde PIONEER 10 (1972–12A) besitzt der Jupiter einen enormen magnetischen Schweif, der sogar über die Bahn des Saturn hinausreicht. Es ließ sich berechnen, daß der Saturn diesen Magnetschweif von etwa 15 Millionen km Durchmesser alle 20 Jahre einmal passiert. Der nächste Durchgang des Saturn durch den Magnetschweif des Jupiter erfolgt im April 1981.

Flieger-Revue 6/76

Sternhaufen Omega mit schwarzem Loch?

Der mehrere Lichtjahre von der Erde entfernte und aus Hunderttausenden von Sternen bestehende Kugelhaufen Omega im Sternbild Centaurus konnte durch ein von Leningrader Wissenschaftlern entwickeltes Verfahren auf die „Waage“ mathematischer Berechnungen gelegt und gewogen werden. Dabei stellten die sowjetischen Astronomen fest, daß die Masse dieses Sternenhaufens etwa einer Billion Sonnenmassen entspricht. Der Kugelhaufen, einer der uns am nächsten gelegenen Kugelsternhaufen, wurde als erster solchen Berechnungen unterzogen. Nach Ansicht der Experten läßt seine enorme Masse vermuten, daß sich in seiner Mitte ein dicht von Sternen umgebenes geheimnisvolles „schwarzes Loch“, eine überdichte Materieanhäufung, befinden muß, die weder Licht- noch Radiowellen ausstrahlt.

BZ 10./11. 7. 76

Objekt 1976 AA

Der Anfang 1976 entdeckte kleine Planet 1976 AA, dessen Bahnelemente sehr eng mit denen der Erde übereinstimmen, hat sich wieder von der Erde entfernt. Die Bahndaten dieses Objektes sind: Große Halbachse 0,966469 Astronomische Einheiten, Umlaufzeit 0,950 Jahre, Exzentrizität 0,182399, Bahnneigung 18°19'13", Länge des aufsteigenden Knotens 108°08'23", Abstand des Perihel vom aufsteigenden Knoten 147°7'09".

Mit Hilfe dieser Bahnelemente wurde der Abstand des kleinen Planeten von der Sonne und von der Erde berechnet. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Datum	Abstand in Astronomischen Einheiten	
	von der Erde	von der Sonne
1976 Mai 12	0,368	0,793
Juni 1	0,442	0,796
Juli 1	0,612	0,857
Juli 21	0,716	0,918

Das Objekt ist für amateurastronomische Beobachtungen auf Grund seiner geringen scheinbaren Helligkeit ungeeignet. Am 12. Mai betrug die scheinbare Helligkeit 18 Größenklassen, am 21. Juni nur noch 10 Größenklassen.

Sm.

Buchbesprechung

Geschichte der Astronomie

„Gewisse Verfasser sagen, wenn sie von ihren Werken sprechen: Mein Buch, meine Abhandlung, meine Geschichte. Sie täten besser, zu sagen: Unser Buch, unsere Abhandlung, unsere Geschichte, da ja gewöhnlich mehr vom Eigentum anderer als von dem ihren drin steckt.“ (Plaise Pascal.) Genau dieses Prinzip hat sich Dr. Dieter B. Herrmann zu eigen gemacht. Sein Buch ist „unser“ Buch, denn es beschreibt die Leistungen der Astronomen für den Zeitraum der Astronomiegeschichte, der im deutschen Sprachgebiet fast nur in sporadischen Beiträgen abgehandelt ist: Die stürmische Entwicklung der Positionsastronomie bis zum Siegeszug der Astrophysik.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Der Verfasser legt keine Biographiensammlung vor. Vielmehr stellt er die Geschichte eines Wissenschaftszweiges in die Entwicklungsgeschichte der Naturwissenschaften und die Wandlung ihrer gesellschaftlichen Bedeutung hinein. Schwerpunkten und Entwicklungstendenzen folgend, werden dem Leser tiefere Einblicke in die Zusammenhänge und Wechselbeziehungen zwischen astronomischer Forschung, Wandlung philosophischer Standpunkte und technischem Fortschritt gewährt.

Natürlich muß der Verfasser ein bestimmtes astronomisches Vorwissen beim Leser voraussetzen; andererseits regt die Lektüre des Werkes dazu an, den aufgeworfenen Problemen weiter nachzugehen. (Ein Literaturverzeichnis im Anhang leistet dazu wertvolle Hilfe.) Gerade deshalb wird das Buch jedem Amateurastronomen, den Astronomielehrern, Arbeitsgemeinschaftsleitern und -teilnehmern eine unentbehrliche Quelle für das tiefer gehende Verständnis des heutigen Standes „ihrer“ Wissenschaft sowie deren weltanschauliche Konsequenzen sein. Denn nur der versteht seine eigenen Bemühungen um eine Wissenschaft richtig einzuordnen, der um den Gang ihrer Erkenntnisse weiß, aber auch die beschränkten Irrwege kennt. Einen derartigen Überblick erleichtert das Buch durch seinen gut gegliederten Aufbau.

Eine Einleitung verdeutlicht die Tragweite des copernicanischen Werkes und seiner Verteidigung für das naturwissenschaftliche wie das philosophische Denken. Ihr folgt in Kapitel I die Darstellung der Leistungen auf dem Gebiet der klassischen Astronomie, deren Bogen von Herschel bis in unsere Tage gespannt ist.

Der Entstehung der Astrophysik ist Kapitel II gewidmet. Darin wird das Ringen um qualitativ neue Forschungsmethoden und deren erste Ergebnisse plastisch nachgezeichnet, das den Leser voll zu fesseln vermag. Fotometrie, Spektroskopie, Fotografie, Sonnenphysik sind nur einige der „Auftritte“ in diesem Akt. Das mit Mikrokosmos – Makrokosmos überschriebene Kapitel III führt den Interessenten von der Auffindung der Strahlungsgesetze und der Atomtheorie, durch das von Hertzsprung und Russell aufgestoßene Tor zum Verständnis der Sternentwicklung bis hin zur Relativitätstheorie und Kosmologie; zu den Problemen unserer Gegenwart. Im letzten Kapitel werden – last not least – die Technik und die Organisation der Wissenschaft (einschließlich ihrer Publikation) gewürdigt, ohne die die Leistungen nicht möglich gewesen wären, von denen vorher die Rede war. Ein Ausblick macht schließlich deutlich, daß mit diesem Buch das letzte Kapitel Astronomiegeschichte noch nicht geschrieben ist.

Die beigegebene Chronik und der bibliographische Anhang erleichtern es dem Benutzer, das Buch auch als Nachschlagewerk zur Hand zu nehmen. Die zahlreichen Abbildungen sind nicht nur bloße Illustrationen, vielmehr ergänzen sie den Textteil harmonisch. Jedoch wünschte man sich Abbildung 20 (S. 110) ganzseitig, etwa auf der freigebiebenen Rückseite der Farbtafel (Abb. 26).

Jedem, der sich der Astronomie entweder von der praktischen oder der theoretischen Seite nähert, sollte dieses Buch als eine der „Erstlingsgaben“ empfohlen werden. Dem bereits näher mit dieser Wissenschaft Vertrauten wird es viele neue Impulse geben können. Darum ist eine weitere Auflage bald zu erhoffen, die dann sicher von den Mängeln befreit sein wird, die beim Korrekturlesen der Erstauflage als Schönheitsfehler stehenblieben. Dann können z. B. die auf Seite 163 genannten Spektralklassen mit den Indizes 0 (Null) ausgezeichnet und Josef Stefans Erfolg auf das Jahr 1878 undatiert werden. Empfehlenswert wäre auch, von Energiefreisetzung (S. 176ff.) zu sprechen, um die sonst so einheitlich benutzte Terminologie auch hier nicht zu durchbrechen.

HEINZ ALBERT

Dieter B. Herrmann: Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzsprung. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1975. 282 Seiten, 76 Abbildungen und graphische Darstellungen; 12,80 M.

Unsere Autoren:

I. S. Schklowski, Korresp. Mitglied der AdW der UdSSR, Leiter der Abt. Astrophysik und Radioastronomie des Instituts für Kosmosforschung der AdW der UdSSR. – Dr. D. B. Herrmann, 117 Berlin, Birnbaumer Str. 43 – Ing. E. Rothenberg, 115 Berlin, Pilsener Str. 34 – Dr. Paul Ahnert, 64 Sonneberg, Sternwarte – H. D. Naumann, 8142 Radeberg, Str. d. Thälmann-Pioniere 19 – Jürgen Kendtel, 15 Potsdam, Fichtestr. 5 – Arne Jungst, 25 Rostock 6, SWH Max-Planck-Str. V/427 – Hans Glombik, 4378 Gröbzig, Thälmannstr. 29 – Heinz Albert, 963 Grämsbach, Str. d. Jugend 8 – H. Busch, 7302 Hartha, Sternwarte – K. Häußler, 7302 Hartha, Sternwarte – Ursula Seliger, 8055 Dresden, Barfußweg 4 – Bernd Zill, 9412 Schneeberg, Otto-Grotewohl-Ring 6c – Andre Winzer, 75 Cottbus, Zittauer Str. 18 – Dietmar Böhme, 4851 Nessa Nr. 11 – Kerstin Reichenbacher, 62 Bad Salzungen, Siedlung 28.

6¹⁹⁷⁶ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Tycho Brahe · Zum 375. Todestag des Astronomen · Klaus Friedrich	161
Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1975/76 · Dr. Paul Ahnert	163
Radioteleskope und Fernrohre · Dr. Josef Olmr	165
Planetensichtbarkeit 1977 · Heinz Albert	3. Umschlagseite

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung unregelmäßiger Veränderlicher durch den Amateur · Jörg Mosch	170
Zum Beitrag „Selbsterstellung von Modellen für Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen“ ·	
Gerhard Ihlow	176

2-Jahres-Inhaltsverzeichnis 1974—1976	I—VIII
---	--------

Junge Amateure

Die Beobachtung des Planetoiden Eros 1974/75 · Dietmar Böhme	176
Tagesbeobachtung von Gestirnen · Manfred Schrötter	182

Kurzberichte

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ · Helmut Busch	182
9. Treffen der Amateurastronomen der VR Ungarn · Arnold Zenkert	182

Aus der Literatur

Wird uns die Kosmologie neue Erkenntnisse bringen?	183
Neun sozialistische Länder forschen gemeinsam im All	184
Forschungen zu philosophischen Problemen der modernen Astronomie in der UdSSR – Leninpreis für kosmische Physik – Vom Teleskop „Orion 2“ entdeckt	185
Uranus sendet Radiosignale – Mit dem Mikrophon auf Meteorjagd – Grabenbruch auf der Venus bestätigt – Neuer Spiegel für die Karte der Röntgenstrahlenquellen des Himmels	186
Was Komet 1862-3 verspricht – Nebel über dem Mars – Bewegung des Sonnenplasmas bis zu 50 km/s – Röntgenstrahler – Raumforschungskollektive – Keime eines neuen Zweiges der Volkswirtschaft	187
Projekt neuer gemeinsamer Raumflugunternehmen UdSSR – USA – Untersuchungen über die Bewegung der Marsmonde – Neues von Ganymed	188

Buchbesprechung

Relativität, Gruppen, Teilchen	4. Umschlagseite
--	------------------

Redaktionsschluß: 15. 9. 1976

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Dr. Siegfried Marx (Chefredakteur, Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Herbert Pfaffe (stellv. Chefredakteur; Astronautik), Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena, Sonnenbergstraße 12; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestraße 17; Bernd Zill (Junge Amateure), Pionier- und Volksternwarte 9412 Schneeberg; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 1056 Berlin, PSF 34; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde, Stubenrauchstraße 9; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), 1157 Berlin, Marksburgstraße 13. Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernspeicher 2829744. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Manuskripte werden nur in doppelter Ausfertigung (mit Durchschlag) angenommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1976 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustellgebühr DDR 9,00 M. Einzelheft DDR 1,50 M. Bezug durch die Post oder den Buchhandel. Bestellungen aus dem Ausland sind zu richten an das Zeitungsvertriebsamt, Abt. Export, 1017 Berlin, Straße der Pariser Kommune 3–4.

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Artikel-Nr. (EDV) 523 des PZV.

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

Tycho Brahe

Zum 375. Todestag des Astronomen

KLAUS FRIEDRICH



Abb. 1: Tycho-Brahe · Archiv des Verfassers.

Am 24. Oktober jährte sich zum 375. Male der Todestag von Tycho Brahe. An der Schwelle zur Erfindung des Fernrohres vollendete sich das Leben des präzisen Beobachters der vortelekopischen Zeit, eines stark von der Empirie bestimmten Denkers und Wissenschaftlers, dessen rastloser, beinahe besessener Eifer ihm schon zu Lebzeiten den Ruf eines Reformators der praktischen Astronomie einbrachte.

Brahe, geboren am 14. Dezember 1546, entstammte einer dänischen Adelsfamilie aus Knudstrup (bei Helsingborg, damals Dänemark). Als 13jähriger widmete er sich auf Wunsch seiner Eltern an der Hochschule in Kopenhagen für drei Jahre dem Studium der Jurisprudenz. Bereits in diese Zeit fällt sein erster Kontakt mit der Astronomie. Die Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 21. 8. 1560 hinterließ nachhaltige Eindrücke bei ihm und bestimmte seine späteren spezifischen Interessen an der praktischen Astronomie.

Die Fortsetzung des Studiums bis 1565 in Leipzig trug bereits zeitweise nur noch den Charakter eines „Brotstudiums“. Nach bestandnem Triennium ging er nach kurzem Heimataufenthalt 1566 nach Wittenberg, bald darauf nach Rostock und 1567 nach Basel. Diese Reisen brachten ihm die ersten Kontakte mit anerkannten Naturwissenschaftlern, insbesondere mit Astronomen und Chemikern. Bis 1570 war er für zwei Jahre in Augsburg, dort verfertigte er einen größeren Himmelsglobus und für die Brüder J. und P. Haintzel einen 18füßigen Quadranten. Nach dem Augsburger Aufenthalt wieder in Dänemark, ermöglichte ihm die Hinterlassenschaft des Vaters eine freiere Entfaltung seiner Interessen auf dem Gebiet der Chemie. Er verfügte bald darauf über ein eigenes Laboratorium.

Das Aufleuchten der Supernova im Sternbild der Cassiopeia am 11. 11. 1572 lenkte Brahes naturwissenschaftliche Interessen nunmehr endgültig auf die Astronomie. Die zahlreichen und mit großer Genauigkeit durchgeführten Beobachtungen des „Tychonischen Sterns“ sowie seine Überlegungen zur Sternnatur des Objekts wurden 1573 in Kopenhagen unter dem Titel „De nova stella Anno 1572“ gedruckt und begründeten seine erste Wertschätzung durch die Fachwelt. Der neue Stern regte ihn auch zur Anlage eines zunächst 777, später 1000 Sterne umfassenden Kataloges an. Die Genauigkeit der darin enthaltenen Positionen erreichte z. T. 1 Bogenminute. Schon 1574 erging an ihn der Ruf, an der Universität Kopenhagen Vorlesungen über Astronomie und Mathematik zu halten.

1575 wiederum auf Reisen durch Mitteleuropa, gewann er im Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen einen bedeutenden Freund und Gönner, der selbst über eine gut ausgerüstete Sternwarte und Erfahrungen in der astronomischen Beobachtung verfügte. Seiner Empfehlung verdankte Brahe fortan die Förderung durch König Friedrich II. von Dänemark – zunächst durch Schenkung der (heute schwedischen) Insel Hven im Öre-Sund, bald darauf durch den Bau und Unterhalt der Sternwarten „Uraniburg“ (1576) und „Stjerneburg“ (1584).

Diese Observatorien, über deren Bau mehrere Jahre vergingen, waren hinsichtlich räumlicher Größenzügigkeit, Architektur und Ausstattung ohne Beispiel. Schon nach kurzer Zeit hatte Brahe mehrere befähigte Schüler um sich versammelt, die später mit eigenen Arbeiten (Karten, Globen, astronomischen Lehrbüchern) hervortraten.

Ein besonderes Verdienst Brahes ist die mehrere tausend Messungen umfassende Aufnahme von Fixsternnörtern, das Studium des Laufes von Sonne, Mond und Planeten – insbesondere des Planeten Mars – ferner der mit bloßem Auge sichtbaren Kometen von 1577, 1580, 1582, 1585, 1590 und 1596. Durch den Einsatz nach eigenen Plänen gebauter und ständig vervollkommneter Instrumente sowie dank verfeinerter Beobachtungsmethoden vermochte Brahe die Beobachtungsgenauigkeit zeitweise bis auf $\frac{1}{4}$ Bogenminute zu steigern. Aus der Ungleichförmigkeit der Mondbewegung eliminierte er die Variation und die jährliche Gleichung und präzierte weiterhin die Werte für die Anomalie und die Ekektion. Umfangreiche empirische Untersuchungen zur Refraktion gestatteten ferner die Reduktion horizontnaher Beobachtungen.

Ein Teil der Verdienste Brahes besteht in der praktischen Interpretation seines Beobachtungsmaterials. Besondere Bedeutung erlangte seine Schrift „*De Mundi Aetheri Recentioribus Phaenomenis*“, in der er an Hand parallaktischer Beobachtungen des Kometen von 1577 die Zugehörigkeit des Objekts zum supra-lunaren Raum nachwies und damit die Unhaltbarkeit der Aristoteles'schen Idee von den kristallinen Sphären.

Etwa um 1582 trat Brahe mit eigenen Ansichten über den Bau des Universums hervor (nach seinem Tode im zweibändigen Hauptwerk „*Astronomiae progymnasmatia*“ veröffentlicht). Zur streitbar geführten Verfechtung dieses Weltbildes hat – neben theologischen Rücksichten und charakterlichen Eigenheiten –, erheblich die nach dem Copernicanischen System verlangte, aber im Rahmen der Meßgenauigkeit nicht auffindbare Fixsternparallaxe beigetragen. Nach Brahes Annahme umkreisen Mond und die von den Planeten umlaufene Sonne die im Mittelpunkt ruhende Erde. Das als Kompromiß zwischen dem ptolemäischen und dem copernicanischen System anmutende Modell Brahes stellte indessen nur über eine historisch kurze Zeit eine Alternative zu den in der Diskussion befindlichen Weltsystemen dar.

Neun Jahre nach dem Tode Friedrichs II., resignierend wegen der versagten Gunst seines Nachfolgers Christian IV., verließ Brahe 1597 die Hauptwirkungsstätte seines Lebens. Er fand Aufnahme beim Grafen Heinrich von Rantzau in Wandsbek bei Hamburg und dort Gelegenheit, in seinem Werk „*Astronomiae instauratae Mechanica*“ die zurückgelassenen astronomischen Einrichtungen auf der Insel Hven zu beschreiben. Diese Arbeit ist bereits Kaiser Rudolf II. gewidmet, der Brahe 1599 als kaiserlichen Astronomen und Mathematiker an den Hof nach Prag berief. Erneut mit dem Bau einer Sternwarte beschäftigt und auf der Suche nach geeigneten Mitarbeitern, lernte Brahe J. Kepler kennen und erreichte 1600 dessen Übersiedelung nach Prag.

Dieses Zusammentreffen hatte die nachhaltigsten Einflüsse auf den Fortgang der Astronomie, denn nach Brahes plötzlichem Tod am 24. Oktober 1601 übernahm Kepler mit dem Amt auch das reichhaltige Beobachtungsmaterial Brahes. Namentlich dessen Marsbeobachtungen aus zehn Oppositionen in den Jahren von 1580 bis 1600 bildeten den Fundus für das Auffinden der Gesetze der Planetenbewegungen (I. und II. 1609, III. 1619). Einesteils krönten sie das Lebenswerk des großen Dänen, andererseits lieferten sie Argumente für das Copernicanische Weltbild entgegen den Anschauungen Brahes.

Die eigentliche Bedeutung der Leistungen Brahes besteht im Bruch mit der absoluten Autorität antiker Vorstellungen, indem er der eigenen Beobachtungs-Empirie den Vorzug gab. Brahe, der als erster europäischer Wissenschaftler mit einem Staatsbegräbnis geehrt wurde, gilt somit als Wegbereiter zum Keplerschen Denken in der Astronomie vor Isaac Newton.

Literatur:

Harig, G.: Die Tat des Kopernikus, Lpz./Jena/Bln. 1965.

Herrmann, D. B.: C. Doris Hellmann: The Comet of 1577 (Rez.), in: Die Sterne 50 (1974), H. 4, S. 250f.

Wattenberg, D.: Tycho Brahe – sein Leben und Werk, in: Die Himmelswelt 55 (1948), S. 169–174.

Weinek, L.: Zur Erinnerung an Tyge Brahe, in: Astronomische Rundschau 4 (1902), S. 15–17, 77–80, 100–103.

Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1975/76

Dr. PAUL AHNERT

Die jovigraphische Länge des GRF nahm in der Oppositionsperiode 1975/76 weiter von 38° bis 50° zu, zuletzt mit abnehmender Geschwindigkeit. Leider wurde er nach der Opposition zusehends blasser, so daß seine Lage wegen des geringen Kontrastes gegen die Umgebung zuletzt nur schwierig bestimmt werden konnte.

Die Einzelbeobachtungen des GRF wurden unter Weglassung der eingeklammerten stark abweichenden Werte (bis November $> \pm 3^{\circ}$, von Dezember an wegen der zunehmenden Schwierigkeit der Beobachtung des blasser werdenden Flecks $> \pm 5^{\circ}$) zu Gruppen zusammengefaßt, die eine bessere Bestimmung der fortschreitenden Längenänderung ermöglichten:

1975 Aug. 16	$l = 38^{\circ}$	$n = 4$	1975 Nov. 24	$l = 47^{\circ}4$	$n = 9$
Sep. 8	$40^{\circ}1$	7	Dez. 4	$48^{\circ}2$	8
Sep. 26	$40^{\circ}6$	11	Dez. 24	$49^{\circ}4$	6
Okt. 14	$42^{\circ}9$	5	1976 Jan. 30	$51^{\circ}2$	6
Okt. 30	$45^{\circ}0$	12	März 2	$51^{\circ}6$	7

Mit Hilfe der damit gezeichneten Kurve (Abb. 1) wurde die Streuung der Beobachtungen ermittelt. Sie beträgt im Gesamtmittel (wieder unter Ausschluß der stark abweichenden Längen, 9 von 84) $\pm 1^{\circ}7 = \pm 2.8$ Min. oder an der Sphäre rund 1", ein für Lageschätzungen eines solchen zuletzt recht schwierigen Objekts sehr befriedigendes Resultat. Für die einzelnen Beobachter fand ich für die durchschnittliche Abweichung vom Kurvenverlauf (Δ) und für die Streuung (σ):

Ahnert	$\Delta = +0^{\circ}1$	$\sigma = \pm 1^{\circ}8 = \pm 3^{\circ}0$ Min.	Mosch	$\Delta = 0^{\circ}0$	$\sigma = \pm 1^{\circ}7 = \pm 2^{\circ}8$
Blasberg	$= 1^{\circ}3$	$\pm 1^{\circ}8 = \pm 3^{\circ}0$ Min.	Scholz	$-0^{\circ}1$	$\pm 1^{\circ}7 = \pm 2^{\circ}8$
Görs	$-1^{\circ}0$	$\pm 2^{\circ}0 = \pm 3^{\circ}3$ Min.	Seliger	$+0^{\circ}3$	$\pm 2^{\circ}0 = \pm 3^{\circ}3$
Kitta	$+0^{\circ}9$	$\pm 1^{\circ}3 = \pm 2^{\circ}2$ Min.			

Die Art der benutzten Instrumente (vom 63 mm Refraktor bis zum 400 mm Reflektor) hatte keinen erkennbaren Einfluß auf die Sicherheit der Resultate.

Nachtrag:

Nach Abschluß des vorstehenden Berichts erhielt ich noch von Hans D. Greißner, Friedersdorf, die folgenden Beobachtungsergebnisse.

1975 Aug. 19	$l = 40^{\circ}2$	$B - R = +2^{\circ}0$	1975 Okt. 28	$l = 44^{\circ}9$	$B - R = +0^{\circ}2$
Aug. 29	$41^{\circ}2$	$+2^{\circ}3$	Nov. 24	$46^{\circ}3$	$-1^{\circ}1$
Sept. 22	$40^{\circ}6$	$-0^{\circ}1$	Dez. 11	$46^{\circ}8$	$-1^{\circ}8$
Sept. 24	$41^{\circ}8$	$+0^{\circ}8$	Dez. 28	$47^{\circ}3$	$-2^{\circ}4$
Sept. 29	$43^{\circ}1$	$+1^{\circ}6$	1976 Jan. 4	$47^{\circ}1$	$-3^{\circ}0$
Okt. 3	$43^{\circ}7$	$+1^{\circ}7$	Jan. 23	$48^{\circ}1$	$-2^{\circ}8$
9	$44^{\circ}8$	$+2^{\circ}3$			

Die Werte liegen bis Oktober über und von November an unter der oben abgeleiteten Kurve. Sie sind dort nachträglich mit Kreuzen eingezeichnet. Ihre Berücksichtigung hätte die Kurve geringfügig flacher verlaufen lassen. Die Werte von Greißner bleiben mit $\Delta = 0^{\circ}0$ und $\sigma = \pm 2^{\circ}0$ im Rahmen der übrigen Beobachtungen.

Beobachter: Ah = Ahnert, Sonneberg; Ba = Baum, Zittau; Bl = Blasberg, Dresden; Gö = Görs, Jena; Mo = Mosch, Meißen; Sch = Scholz, Zittau; Se = Seliger, Dresden; K = Kitta, Zittau. Bemerkungen: 1 unsicher, 2 sehr unsicher, 3 Hohnnebel, 4 Horizontnähe, 5 „seeing“ schlecht, 6 Beobachter müde.

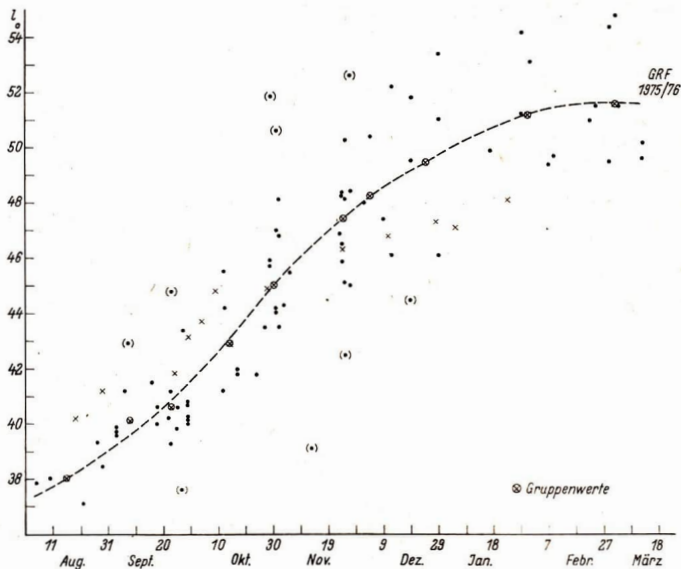


Abb. 1

Jupiter, GRF 1975/76

1975	<i>l</i>	<i>B-R</i>	Beob.	Bem.	1975	<i>l</i>	<i>B-R</i>	Beob.	Bem.
Aug. 5.0	37°8	+0°4	Bl		Okt. 11.8	41°2	-1°7	Ah	
10.0	38°0	+0°3	Gö		11.8	45°5	+2°6	Ba	
22.0	37°1	-1°3	Gö		11.8	44°2	+1°3	Sch	
27.0	39°3	+0°6	Gö		16.8	41°9	-1°5	Gö	
29.0	38°4	-0°5	Ah		16.8	41°9	-1°5	Mo	
Sept. 3.0	39°6	+0°4	Ah		23.9	41°8	-2°5	Ah	
3.0	39°7	+0°5	Gö		26.8	43°5	-1°1	Mo	
3.0	39°7	+0°5	Kl		28.8	(51°9)	+7°0	Bl	
5.9	41°2	+1°7	Kl	1	28.8	45°8	+0°9	Sch	
7.0	(42°9)	+3°4	Kl	6	28.8	45°8	+0°9	Se	
15.8	41°5	+1°3	Kl	4	30.8	44°2	-0°9	Ah	
17.9	40°0	-0°4	Ah		30.8	44°0	-1°1	Gö	
17.9	40°6	+0°2	Kl		30.8	47°0	+1°9	Sch	2
21.8	40°2	-0°5	Ah		30.8	(50°8)	+5°5	Se	
22.8	41°2	+0°4	Gö		31.7	48°1	+2°9	Ah	
22.8	(44°8)	+4°0	Kl		31.7	46°8	+1°6	Gö	
22.8	39°3	-1°5	Mo		31.7	43°5	-1°7	Sch	
24.0	39°8	-1°3	Ah		Nov. 2.8	44°3	-1°1	Gö	
24.0	40°6	-0°5	Mo		4.9	45°5	-0°1	Se	
27.0	43°4	+2°1	Mo	5	12.7	(39°1)	-7°2	Sch	2
27.0	(37°6)	-3°7	Se	5	22.7	46°9	-0°4	Mo	
29.8	40°0	-1°4	Ah		23.9	48°2	+0°8	Ah	
29.8	40°1	-1°3	Gö		23.9	48°3	+0°9	Bl	
29.8	40°8	-0°6	Sch	3	23.9	45°9	-1°5	Gö	
29.8	40°1	-1°3	Mo		23.9	46°5	-0°9	Mo	1
29.8	40°7	-0°7	Se		24.7	47°5	0°0	Ah	

1975	<i>l</i>	<i>B-R</i>	Beob.	Bem.	1976	<i>l</i>	<i>B-R</i>	Beob.	Bem.
24.7	50 ⁵²	+2 ⁵⁷	Bl		Jan. 16.7	49 ⁵⁸	-0 ⁵⁷	Mo	
24.7	45 ⁵¹	-2 ⁵⁴	Gö		27.9	54 ⁵²	+3 ⁵¹	Mo	
24.7	48 ⁵¹	-0 ⁵⁶	Mo		27.9	51 ⁵²	+0 ⁵¹	Se	1
24.7	(42 ⁵⁵)	-5 ⁵⁰	Sch	3	30.8	53 ⁵¹	+1 ⁵⁹	Mo	
26.8	(52 ⁵⁶)	+5 ⁵⁰	Bl		Febr. 6.8	49 ⁵⁴	-2 ⁵⁰	Se	
26.8	48 ⁵⁴	+0 ⁵⁸	Gö		8.9	49 ⁵⁷	-1 ⁵⁷	Se	
26.8	45 ⁵⁰	-2 ⁵⁶	Sch		21.7	51 ⁵⁰	-0 ⁵⁵	Se	
Dez. 1.8	48 ⁵⁰	0 ⁵⁰	Gö		23.8	51 ⁵⁵	-0 ⁵¹	Se	
3.8	50 ⁵⁴	+2 ⁵²	Ah		28.7	49 ⁵⁵	-2 ⁵¹	Gö	
8.8	47 ⁵⁴	-1 ⁵¹	Mo		28.7	54 ⁵⁴	+2 ⁵⁸	Se	
11.7	52 ⁵²	+3 ⁵⁵	Ah		März 1.8	54 ⁵⁸	+3 ⁵²	Se	
11.7	40 ⁵¹	-2 ⁵⁶	Gö		11.7	49 ⁵⁶	-2 ⁵⁰	Mo	
11.7	((62 ⁵⁸))	+14 ⁵⁰	Sch	2	11.7	50 ⁵²	-1 ⁵⁴	Se	
18.7	44 ⁵⁵	-4 ⁵⁶	Gö						
18.7	51 ⁵⁸	+2 ⁵⁷	Mo						
18.7	49 ⁵⁵	+0 ⁵⁴	Sch	3					
28.7	51 ⁵⁰	+1 ⁵³	Bl						
28.7	46 ⁵¹	-3 ⁵⁶	Gö						
28.7	53 ⁵⁴	+3 ⁵⁷	Se						

Datum mit Zehnteltagen (Weltzeit)

Radioteleskope und Fernrohre

Dr. JOSEF OLMR

Die erste Botschaft von Radiowellen hat der amerikanische Wissenschaftler tschechischer Herkunft, K. G. Janský, im Jahre 1931 mittels einer 3,66 m hohen und 30,45 m langen Antenne, die 20 Minuten einmal in der Horizontalen drehte, empfangen. Die Wellenlänge betrug 14,6 m. Janský hatte erkannt, daß die Emissionsquelle der Strahlung bei einem scheinbar festen Punkt am Himmel mit der Rektaszension 18^h und der Deklination 10° liegt. Janský ging von der richtigen Voraussetzung aus, daß es sich um die Strahlung des interstellaren Gases handelt, das längs der Milchstraße besonders dicht ist. Ein genialer Astronom, Grote Reber, setzte das Werk Janskýs fort. Reber hat nach vielen Versuchen mittels eines parabolischen Radioteleskopes mit einem Durchmesser von 10 m – dem ersten richtigen Radioteleskop – die Karte des Radiohimmels skizziert. In Anbetracht der noch sehr einfachen Anlage war dies ein großer Erfolg. Diese in der Tat epochalen Entdeckungen hatten aber noch nicht das Interesse der Astronomen erweckt. Erst die Entdeckung der Radiostrahlung der Sonne durch den Engländer J. S. Hey im Jahre 1942 – publiziert im Jahre 1945 – hat die Aufmerksamkeit der Astronomen erregt. Nach dem Kriege begann dann eine systematische Erforschung des Alls mittels der Radiowellen. Mit Rücksicht darauf, daß die Radiostrahlung die Wolken zu durchdringen vermag, ist die Beobachtung der Radiowellen vom Wetter unabhängig. Aus langen, systematischen Beobachtungsreihen lassen sich so kontinuierlichere Ergebnisse erzielen.

Die Radioastronomie hat sich unvorstellbar rasch entwickelt. Heute gibt es bereits gegen 100 Stationen in der Welt. Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens muß man die Radioteleskope mit großen Durchmessern oder Interferometern bauen. Das Auflösungsvermögen hängt von den Dimensionen der Antenne und von der Wellenlänge der Strahlung ab. Je größer die Antenne ist, desto besser ist das Auflösungsvermögen; je länger die Arbeitswellenlänge, desto schlechter ist das Auflösungsvermögen. Mathematisch kann man die Beziehung zwischen dem Auflösungsvermögen Θ , der Dimension der Antenne D und der Wellenlänge λ mit der Formel $\Theta \sim \lambda/D$ ausdrücken. Um z. B. das Auflösungsvermögen von einer Bogenminute zu erreichen, ist es notwendig, eine Antenne zu errichten, die mit ihren Dimensionen 3500 Wellenlängen erfassen müßte. Wenn Θ das Auflösungsvermögen in Bogenminuten darstellt, dann ergibt sich für die Beziehung: $\Theta = 3500 \lambda/D$.

Um das Auflösungsvermögen von einer Bogenminute zu erzielen, ist es nicht notwendig, eine Antenne mit den Dimensionen von 3500 Wellenlängen zu konstruieren; zu demselben Ergebnis kann man auch mit zwei Antennen in der Entfernung von 3500 Wellenlängen kommen.

Das Interferometer ist eine sinnvolle Einrichtung zur Steigerung des Auflösungsvermögens. Zum Empfang von schwachen Quellen ist eine Antenne mit einem großen Durchmesser erforderlich, um eine größtmögliche Energiemenge sammeln zu können. Die Interferometer sind nicht für die Beobachtung schwacher Quellen geeignet. Trotz großer technischer Schwierigkeiten und bedeutender Kosten wurden Antennen von beachtenswerten Dimensionen erbaut.

In der nachstehenden Tabelle werden die großen Radioteleskope angeführt:

Observatorium	Dimensionen in m	Wellenlänge	In Betrieb seit	Typ der Antenne
Arecibo, Puerto Rico	305	30	1963	Feste Antennen
Effelsberg, BRD	100	21	1970	bewegl. Brennpunkt
Green Bank, USA	90	21	1962	Nicht bewegl. Spiegel
Jodrell Bank, England	70	21	1957	Bewegl. Spiegel
Parkes	65	60	1962	Bewegl. Spiegel
Nancy, Frankreich	200 × 35	6	1965	Planmeridianreflekt.
Pulkowo, UdSSR	140 × 3	3	1957	Sphär. Meridianreflekt.
Danville, USA	183 × 122	50	1963	Fester Parabolzylinder
Sydney, Australien	2 × 1600	75	1965	Mills Kreuz
Bologna, Italien	2 × 1000	92	1965	Mills Kreuz
UdSSR	600		In Bau	
Sydney, Australien	2 × 800		2 Reihen als Radioteleskope, jede Reihe 34 Antennen	

Die optische Astronomie ist natürlich bedeutend älter: Das erste Fernrohr wurde von Galilei im Jahr 1610 für die astronomische Beobachtung genutzt. 1672 konstruierte Newton das erste Spiegelteleskop, das Objektiv aus Metall hatte nur einen Durchmesser von 2,5 cm, die Brennweite betrug 16 cm, die Form war sphärisch.

Wilhelm Herschel stellte 1774 bereits ein vollendetes Fernrohr mit einem Objektiv von 15 cm und einer Brennweite von 2 m her, ferner ein Fernrohr mit einem parabolischen Spiegel von 48 cm Durchmesser und 6 m Brennweite. Dieses Instrument erlaubte erstmals einen Überblick über den Sternhimmel. Die Arbeiten Herschels waren von großer Bedeutung. Auf Grund von Experimenten hat er die Gesetze in der optischen Astronomie, die später von Theoretikern bestätigt worden sind, gefunden. (Gesetze über die Diffraction, das Auflösungsvermögen der Fernrohre, die Reflexion und die Refraktion des Lichtstrahles). Mittels seines Fernrohres hat er den Planeten Uranus und später zahlreiche Nebel entdeckt.

Die Konstruktion weiterer Fernrohre war perfekter, der Durchmesser und in Verbindung damit das Auflösungsvermögen erhöht sich. Im 20. Jahrhundert wurden wesentlich größere Durchmesser als 1 m erreicht. Das erste Fernrohr mit dem Durchmesser von 152 cm wurde 1900 auf dem Mount Wilson unweit von Los Angeles in einer Höhe von 1700 m gebaut, im Jahre 1919 ein Fernrohr mit einem Durchmesser von 254 cm. In einer Entfernung von etwa 100 km vom Mount Wilson wurde 1948 auf der Hochebene des Mount Palomar ein Fernrohr mit einem Durchmesser von 508 cm errichtet. Die angeführten Riesenteleskope befinden sich alle auf Berghöhen. Die klimatischen Bedingungen auf der Krim haben die Aufstellung eines Fernrohres mit 260 cm Durchmesser im Jahre 1963 ermöglicht. Das größte Spiegelteleskop mit einem Durchmesser von 600 cm wurde am Nordhang des Kaukasus in einer Höhe von 2100 m aufgebaut.

Das geringe Auflösungsvermögen der Radioteleskope führte zum Bau von großen Radioteleskopen sowie von Interferometern. Die Entwicklung der radioastronomischen Anlagen ging in den letzten 25 Jahren stürmisch voran und wurde von zahlreichen Entdeckungen wie galaktischen Quellen, Radiogalaxien, Quasaren und Pulsaren angeregt. Die Entwicklung gestaltet sich so rasch, daß die Anlagen bereits nach wenigen Jahrzehnten veraltet sind.

Das Auflösungsvermögen der Radioteleskope erreicht bisher maximal 1,2 Bogenminuten und ist damit bedeutend geringer als bei den größten Fernrohren. Mit 0,15" liegt es 400mal höher als bei den Radioteleskopen.

Bald aber erkannte man, daß zur Erforschung der Struktur der Radioquellen ein Auflösungsvermögen von mehr als 1' erforderlich ist. Diese Notwendigkeit führte zur Verwendung des Interferometers. In der optischen Astronomie führte dieses Phänomen zur Konstruktion der Dispersionssysteme. In der Radioastronomie wird die Interferenz zur Analyse des Bilddetails benutzt. Das einfachste Interferometer besteht aus zwei Radioteleskopen von einem Durchmesser D und der Entfernung R. Diese Einrichtung ergibt bei der Bündelung der Strahlung dieselben Ergebnisse wie ein Spiegel mit dem Durchmesser 2 D. Was das Auflösungsvermögen anbetrifft, entspricht diese Einrichtung dem Sammler mit dem Durchmesser R in der parallelen Richtung zur Verbindungslinie der Mitten der beiden Spiegel.

Das Bedeutendste dieser zusammengesetzten Radioteleskope ist das gigantische Radiointerferometer in Westerbork (Holland). Es besteht aus 12 parabolischen Antennen mit einem Durchmesser von 25 m in einer Länge von 1600 m, von Ost nach West verlaufend. Eine andere gigantische Anlage ist der Radioheliograph in Culgoora in Australien, der aus 96 parabolischen Antennen mit einem Durchmesser von 13 m besteht, die in einem Umkreis von 3 km Durchmesser untergebracht sind. Eine weitere große Anlage ist das Christiansens'sche Interferometer von 64 Elementen in Australien. Eine große Einrichtung soll bei Irkutsk gebaut werden. Eine weitere riesige radioastronomische Einrichtung wird das System der Antennen in der Form des Buchstaben Y in New Mexico unweit von Socorro werden. Das Antennensystem soll einen Gesamtumfang von 35 km haben.

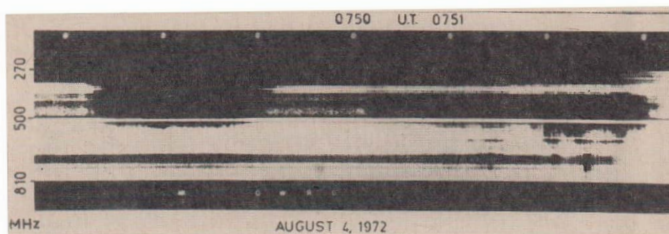


Abb. 1: Das dynamische Spektrum im Bereich 270 bis 810 MHz des Radiospektrographen der Station Ondřejov (ČSSR). Teil der Erscheinung vom 4. August 1972.

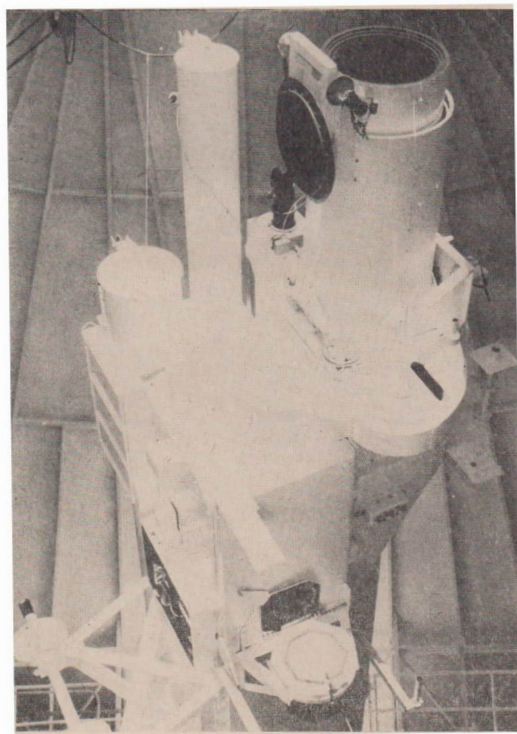


Abb. 2:
Sacramento Peak
(USA):
4 Fernrohre,
von denen das größte
ein Koronograph ist.

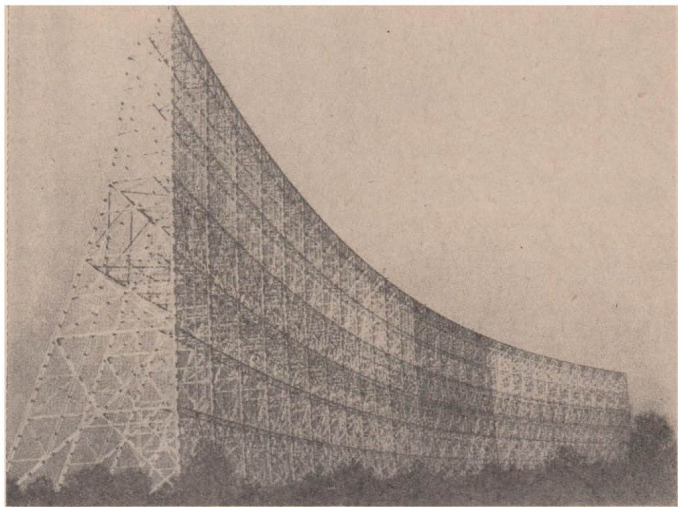
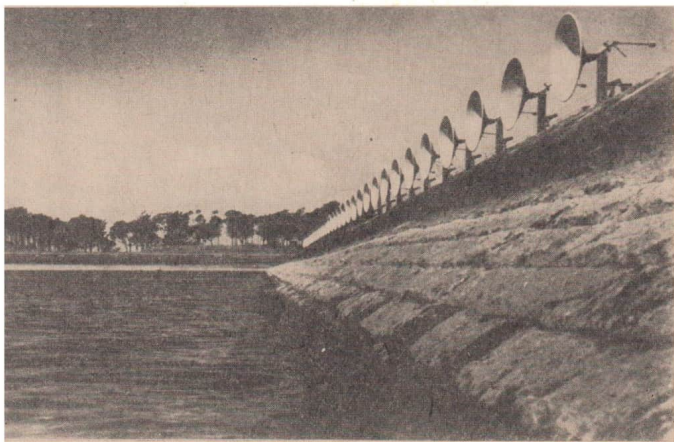


Abb. 3, oben: Das zylindrische Radioteleskop in Nancy (Frankreich), 300 mal 35 m.

Abb. 4, unten: Das Interferometer in Sydney (Australien).



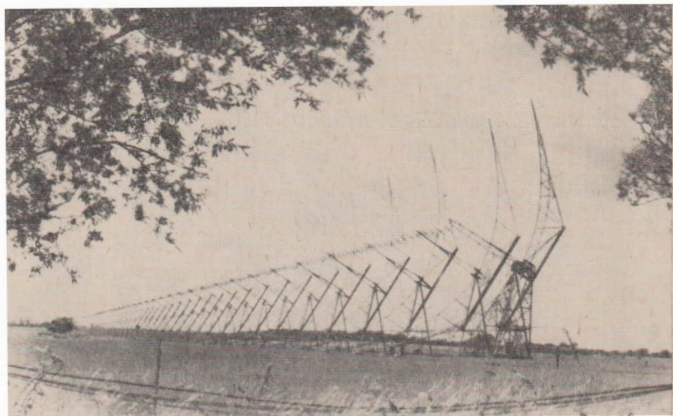


Abb. 5: Das synthetische Interferometer in Cambridge (England).

Zur Erhöhung des Auflösungsvermögens des Interferometers versucht man jetzt, die Basis stark zu erweitern. Der erste Versuch mit zwei Antennen, von denen eine in den USA, die andere in Schweden stand, wurde bereits durchgeführt. Die Arbeitswellenlänge betrug 6 cm, das Auflösungsvermögen erreichte $0,0005''$. Die längste Basisstrecke maß bisher mehr als 10000 km und verlief zwischen den USA und Australien. Das erzielte Auflösungsvermögen betrug $0,0004''$. In der letzten Zeit wurden Versuche mit Interferometern unternommen, wobei eine Antenne auf der Krim (Durchmesser 22 m) und die zweite in Green Bank, USA (Durchmesser 42,7 m) stand. Mittels dieses Interkontinental-Interferometers ist die Erforschung von Feinstrukturen entfernter Radioquellen, besonders von Quasaren, möglich.

Unser Zweimeterteleskop in Ondřejov, hergestellt vom VEB Carl Zeiss Jena, gehört mit zu den großen Fernrohren. Sein Auflösungsvermögen liegt etwas über einer Bogensekunde. Unser Radioteleskop mit einem Durchmesser von 7,5 m genügt zur Registrierung der Gesamtradiostrahlung, es erlaubt jedoch nicht, die einzelnen Quellen zu unterscheiden.

Eine andere erfolgreiche Richtung in der Radioastronomie ist die Benutzung des Spektrums der Radioquellen, d. h. ihre Intensität in der Funktion der Frequenz. Die Quellen haben ein kontinuierliches Spektrum und für viele zwischen 6 cm und 8 m ist uns das Spektrum bekannt. Am Observatorium Ondřejov haben wir einen Radiospektrographen in Betrieb, der in dem Bereich von 70 bis 810 MHz arbeitet. Das Bild (Abb. 1) des Radiospektrogramms zeigt den Verlauf einer großen Eruption vom 4. August 1972.

Unsere Einrichtungen im Observatorium Ondřejov werden ständig vervollkommen. Bei den Empfängern im Radioteleskop sind wir zu dem sehr empfindlichen Kalibrationssystem Dicke übergegangen. Die Auswertung wird vereinfacht und in naher Zukunft werden für die Auswertung moderne Rechenmaschinen benutzt. Auch bei dem optischen 2-m-Fernrohr wird eine technische Komplettierung angestrebt, um dieses Fernrohr auf der Höhe der Riesenfernrohre zu halten.

Die Reichweite der optischen Fernrohre ermöglicht es nicht, die Vielzahl der kosmologischen Probleme zu lösen. Mittels der riesigen radioastronomischen Anlagen vermag man viel tiefer in den Kosmos forschend vorzudringen und mehr Probleme zu lösen.

Die Methoden der Radioastronomie werden weiter vervollkommen und führen beständig zur Entdeckung weiterer Quellen. Damit wird die Radioastronomie auch zu einer wirksamen ergänzenden Forschungsmethode für den optischen Bereich.

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung unregelmäßiger Veränderlicher durch den Amateur?

JÖRG MOSCH

Bei der Erörterung dieser Frage möchte ich von einem selbst beobachteten Beispiel, dem Stern AE Aurigae, ausgehen. Mich reizte bei der Beobachtung dieses Sterns die Tatsache, daß hierbei keine sich wiederholenden Prozesse ablaufen, die in einem charakteristischen mittleren Kurvenverlauf erfassbar sind. Außerdem sind die Helligkeitsschwankungen schon mit einem einfachen Feldstecher nach der Argelander'schen Stufenschätzmethode zu erfassen.

Die günstigste Variante, um diesen Stern genau zu beobachten und homogenes Beobachtungsmaterial zu erhalten, wäre eine Überwachung mit etwa 48 oder mehr Beobachtungen, die gleichmäßig über die 24 Stunden des Tages verteilt sind. Für einen einzelnen Beobachter fällt aber schon die Hälfte der Zeit – im günstigsten Falle, bei dauernder Sichtbarkeit des Veränderlichen während der Nacht – durch die Tagstunden weg. Welcher Amateur ist in der Lage, 12 Nachtstunden einen Veränderlichen zu beobachten?

Nehmen wir an, es gelingt uns in der Zeit der günstigsten Sichtbarkeit pro Abend 5–6 Beobachtungen zu machen, so ist das gewonnene Material auch bei besten meteorologischen Bedingungen sehr lückenhaft.

Für diese Art von Beobachtungen würde sich ein internationaler Beobachterring anbieten, wobei der Stern aller 4 bis 5 Stunden von einem Beobachter zum nächsten übergeben wird. Allerdings dürfte es auch recht schwierig sein, einen solchen Ring mit den Möglichkeiten eines einzelnen Amateurs aufzubauen, sei es auf sprachlichem Gebiet oder aber durch Schwierigkeiten bei der Verarbeitung der auftretenden Datenmenge. Eine Fachgruppe oder Arbeitsgemeinschaft hat da schon mehr Erfolgchancen. Für längere Zeiträume wäre eine solche Zusammenarbeit lohnend und verdiente erwogen zu werden. Auf Grund des lückenhaften Materials und der Unregelmäßigkeit der Helligkeitsschwankungen hat man keine Kontrolle über die Genauigkeit der Schätzungen. Das ist ein weiterer nachteiliger Faktor. Allerdings kann man diese gut an Beobachtungen regelmäßiger Veränderlicher, die unter annähernd gleichen Bedingungen gewonnen wurden, abschätzen (gleiches oder ähnliches Instrument, ähnliche Differenz der Vergleichssterne).

Nach alledem, was bisher über die Beobachtung unregelmäßiger, derartig schnell veränderlicher Sterne gesagt wurde, müßte man den Sinn dieser Arbeit durch den Amateur verneinen. Trotzdem kann man mit derartigen Beobachtungen einige interessante Erkenntnisse über den betreffenden Stern gewinnen. Ich möchte hierbei die Beobachtung solcher Sterne wie RCrB und ähnliche von vornherein nicht in Frage stellen, sie ist auf jeden Fall lohnend. Auf den ersten Blick erscheint der Helligkeitsverlauf völlig unregelmäßig. Große Veränderungen, die bereits innerhalb einer Stunde auftreten, sind nicht häufig, kommen jedoch vor. Oft allerdings liegen die Schätzungen eines Abends bei annähernd gleicher Helligkeit. Das ist aus den Beispieldiagrammen des primären Helligkeitswechsels zu ersehen.

Stellen wir uns die Frage, ob der Stern eine bestimmte Helligkeit in Stufen bevorzugt? Das läßt sich leicht prozentual ermitteln und wir stellen das Ergebnis in einem Säulendiagramm graphisch dar (siehe Abb. 7). Der Stern bewegt sich also annähernd in einer mittleren Helligkeit mit gelegentlichen Maxima und Minima. Diese Feststellung können wir beruhigt treffen, zumal die Beobachtungen zeitlich wirklich völlig unregelmäßig verteilt sind.

Um den Kurvenverlauf zu glätten, fassen wir jeweils einige Beobachtungen zu Mittelwerten der Helligkeit m in Stufen und der Zeit t zusammen, wobei wir ein Maximum an Einzelbeobachtungen in einem Minimum an Zeit anstreben. Die graphische Darstellung zeigt uns, daß der Stern AE Aur neben dem völlig unregelmäßigen primären Helligkeitswechsel noch sekundäre Wellen durchläuft, die sich in Amplitude, Verlauf und Wellenlänge ähneln. Diese Wellenlänge bezeichnet man als Pseudo- oder Quasiperiode.

Als Beobachtungsinstrumente nutzte ich binokulare Prismengläser. Leider war ich nicht in der Lage, alle Beobachtungen mit dem gleichen Instrument zu machen. Allerdings ähneln sich diese sehr, so daß die Homogenität der Beobachtungen nicht gefährdet ist.

Auswertung der Beobachtungen 1972–1974

1. AE Aurigae-Normalpunkte aus 496 Helligkeitsschätzungen

Nr.	Julian. Datum	δt	Hell. m in st.	δm	Anzahl n	Nr.	Julian. Datum	δt	Hell. m in st.	δm	Anzahl n	
1	2441	363,1116	1,6560	4,68	0,66	5	15	706,6709	2,6131	7,12	1,26	5
2		368,5698	0,8315	5,02	1,27	5	16	727,5729	1,2942	7,35	0,71	6
3		381,2115	0,6547	6,54	1,38	8	17	740,3646	1,1068	5,60	1,00	6
4		390,3339	1,4235	4,82	0,83	20	18	743,7242	0,6124	4,24	2,11	5
5		394,8274	1,1583	4,69	1,37	16	19	747,6609	0,5244	4,87	1,09	6
6		400,6568	1,6298	5,41	1,08	12	20	772,8541	2,0777	5,61	1,81	16
7		406,2967	1,4380	5,35	1,21	4	21	795,2059	1,3617	5,10	1,54	7
8		413,5196	0,8570	4,60	0,55	5	22	816,3583	2,8284	7,75	1,20	2
9		417,8297	0,5420	5,45	0,49	6	23	889,8815	2,8777	7,37	0,50	3
10		423,6687	1,1524	5,93	0,95	3	24	909,5392	0,0000	6,43	1,39	4
11		438,3590	0,0000	5,90	0,00	2	25	917,5503	0,0000	5,70	0,91	4
12		677,1620	1,2247	6,00	1,12	13	26	929,7159	0,9465	6,32	0,75	13
13		681,5811	0,9512	5,88	1,54	22	27	935,2976	1,5411	7,25	0,47	4
14		684,4264	0,7613	6,73	1,20	12	28	941,0073	0,5189	7,07	0,68	14

Nr.	Jullan. $\bar{t}$ Datum	δt	Hell. $\bar{m}$ In st.	δm	Anzahl n	Nr.	Jullan. $\bar{t}$ Datum	δt	Hell. $\bar{m}$ In st.	δm	Anzahl n
29	948,4775	0,0917	5,55	0,85	8	41	027,3433	0,3966	7,68	0,37	10
30	955,8223	0,9083	5,87	0,95	6	42	033,8058	2,0231	6,65	0,93	12
31	959,8863	0,8944	7,13	0,41	6	43	036,6869	0,7139	6,46	0,71	7
32	968,4693	0,1044	7,78	0,64	8	44	049,3080	2,2503	7,04	0,93	11
33	977,4899	1,3463	7,30	0,71	4	45	060,1451	1,6855	7,00	0,72	13
34	982,5139	0,1768	6,79	0,60	9	46	077,8298	1,0523	6,02	0,95	9
35	984,2031	1,1673	7,03	0,66	8	47	092,2107	3,9594	5,71	1,12	15
36	989,2019	0,8062	6,79	0,53	21	48	110,1695	3,5024	7,00	0,47	6
37 2442	004,4701	1,6484	5,57	0,94	10	49	121,7847	1,8252	5,98	0,90	13
38	008,7641	0,5100	6,76	0,79	11	50	133,8436	1,6628	7,05	0,55	8
39	013,8591	1,9495	6,82	0,90	14	51	145,6875	2,6737	7,05	0,95	8
40	023,4376	0,1340	7,19	0,61	10	52	152,6167	0,9176	6,85	0,26	8
						53 2442	160,3521	0,9126	7,03	0,67	6

2. AE Aurigae-Untersuchung der Fehler der Mittelwerte

f_m Fehler des Mittelwertes

$\bar{f}_m$ Durchschnittlicher Fehler der Mittelwerte

Nr.	f_m	$f_m - \bar{f}_m$	Nr.	f_m	$f_m - \bar{f}_m$
1	0,293	-0,041	31	0,167	-0,167
2	0,569	+0,235	32	0,226	-0,108
3	0,486	+0,152	33	0,356	+0,022
4	0,185	-0,149	34	0,200	-0,134
5	0,343	+0,009	35	0,232	-0,102
6	0,314	-0,020	36	0,115	-0,219
7	0,604	+0,270	37	0,297	-0,037
8	0,244	-0,090	38	0,235	-0,099
9	0,201	-0,133	39	0,240	-0,094
10	0,549	+0,215	40	0,192	-0,142
12	0,309	-0,025	41	0,117	-0,217
13	0,328	-0,006	42	0,270	-0,064
14	0,346	+0,012	43	0,268	-0,066
15	0,503	+0,229	44	0,278	-0,056
16	0,291	-0,043	45	0,200	-0,134
17	0,408	+0,074	46	0,316	-0,018
18	0,945	+0,611	47	0,290	-0,044
19	0,447	+0,133	48	0,191	-0,143
20	0,453	+0,119	49	0,251	-0,083
21	0,579	+0,245	50	0,131	-0,203
22	0,852	+0,518	51	0,335	+0,001
23	0,291	-0,043	52	0,091	-0,243
24	0,697	+0,363	53	0,271	-0,063
25	0,453	+0,119			
26	0,209	-0,125			
27	0,286	-0,098			
28	0,183	-0,151			
29	0,300	-0,034			
30	0,387	+0,053			

$\bar{f}_m = 0,334$

Der Wert Nummer 11 der Tabelle der Mittelwerte wurde weggelassen, da $\delta m = 0,00$ ist.

3. AE Aurigae — Normalpunkte der $f_m - \bar{f}_m$ -Werte

Intervall	Helligkeit $\bar{m}$	Durchschnitt von $f_m - \bar{f}_m$
a. nach m		
1. 4,00—4,99 Stufen	4,65	+0,076
2. 5,00—5,99 Stufen	5,58	+0,065
3. 6,00—6,99 Stufen	6,55	-0,043
4. 7,00—7,99 Stufen	7,23	-0,050
b. nach $f_m - \bar{f}_m$		
1. kleiner - 0,150	7,10	-0,200
2. - 0,150 bis 0,000	6,41	-0,068
3. + 0,001 bis 0,150	5,93	+0,058
4. größer + 0,150	5,94	+0,315

Abb. 1:
AE Aur 1972 bis
1974.
Diagramm der
Mittelwerte 1.

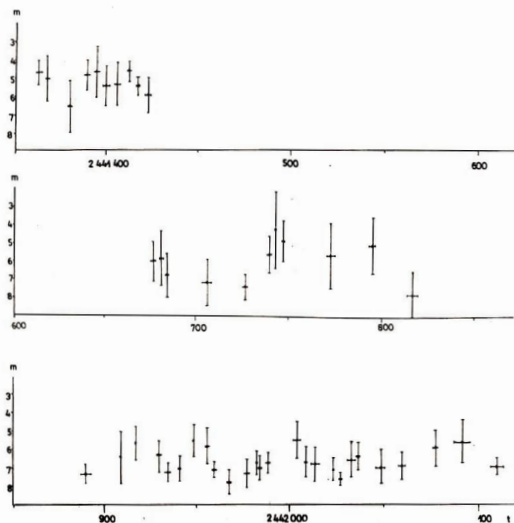


Abb. 2:
AE Aur 1972 bis
1974.
Diagramm der
Mittelwerte 2.

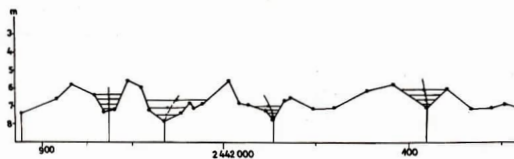
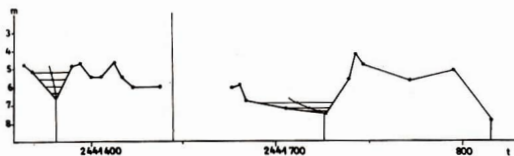
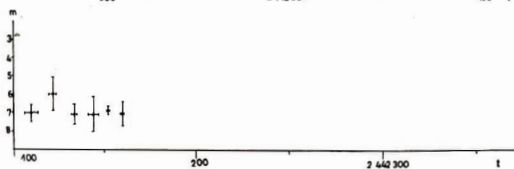
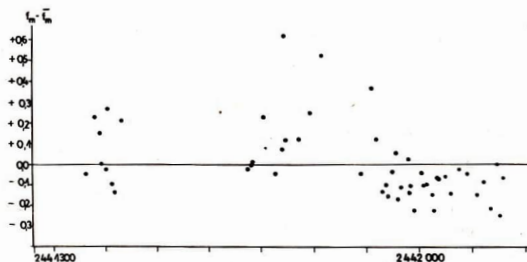


Abb. 3:
AE Aur-Minimum-
bestimmung.

Abb. 5:
AE Aur 1972 bis
1974
 $(\bar{f}_m - \bar{f}_m) - t$ -
Diagramm.



4. AE Aurigae — Statistik der Verteilung der Stufenwerte

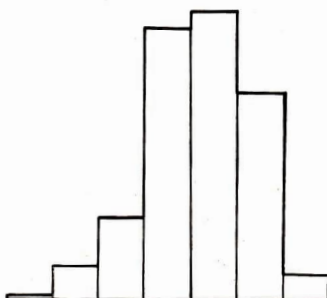
Intervall in st.	Anzahl n	Auftreten in %
2,0–2,9	2	0,4
3,0–3,9	17	3,6
4,0–4,9	43	9,2
5,0–5,9	140	29,8
6,0–6,9	147	31,4
7,0–7,9	107	22,8
8,0–8,9	13	2,8
Summe	469	100,0%

5. AE Aurigae — Wichtige Zwischenergebnisse der Helligkeitsberechnungen

Geschätzte Stufen zwischen c und e	Anzahl n	Wert einer Stufe entspricht dem Mittelwert zwischen c und e
10	49	1,19
11	98	1,08
12	283	0,99
13	38	0,91
14	1	0,85

11,89

469



2,0–2,9	3,0..	4,0..	5,0..	6,0..	7,0..	8,0..
0,4%	3,6%	9,2%	29,8%	31,4%	22,8%	2,8%

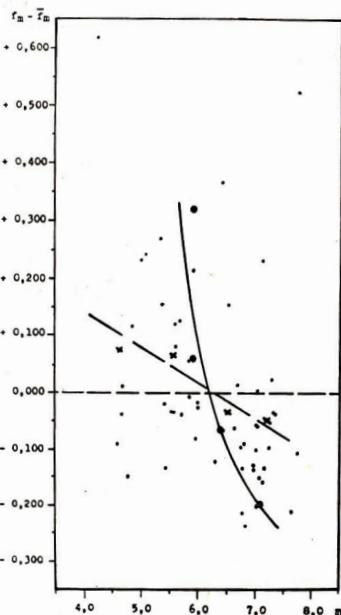


Abb. 4:
AE Aur-Diagramm der $f_m - f_m$ -Werte.

Abb. 7; links:
AE-Aurigae-Diagramm der prozentualen Verteilung der Stufenwerte.

1.2 441 680.2236 bis 2441 682.7069

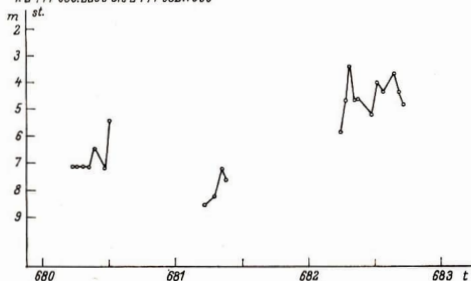
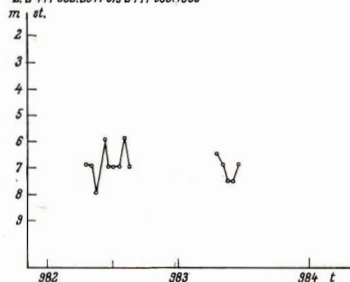


Abb. 6:
AE Aurigae =
Charakteristische Beispiele
des primären Helligkeits-
wechsels.

2.2 441 982.2917 bis 2441 983.5583



AE Aurigae — Zusammenfassung und Einschätzung der Auswertungsergebnisse der Beobachtungsreihen 1972, 1972/1973 und 1973/1974

Nach Abschluß der dritten Beobachtungsreihe im Jahre 1974 erfolgte eine erneute Auswertung der gewonnenen Daten, mit Ausnahme der wenigen Schätzungen, die anfangs zwischen c und d (AR Aur) vorgenommen wurden. Die Helligkeitswerte für die erste Beobachtungsreihe 1972 wurden korrigiert und somit denen der zwei anderen Reihen angeglichen. Auf eine graphische Darstellung aller Einzelwerte wurde bewußt verzichtet, da diese kaum zu Erkenntnissen führen würde. Das Diagramm der charakteristischen Beispiele für den primären Helligkeitswechsel zeigt in zwei Einzeldarstellungen an Zeitintervallen, bei denen relativ viele Schätzungen vorliegen, das Verhalten des Sterns bei starken und geringen Helligkeitsänderungen. Um einen Überblick über die sekundären Helligkeitsschwankungen AE Aurigae zu bekommen, wurden in geeigneten Intervallen, die aus den Tabellen der Einzelwerte zu ersehen sind, Mittelwerte der Zeit t und der Helligkeit m sowie die Streuung der Einzelwerte dieser Größen zum errechneten Mittelwert mit Hilfe einer Cellatron-EDVA bestimmt. Zum Berechnen des Mittelwertes diente Formel (1) und für die Streuung wurde (2) verwendet.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Die graphische Darstellung der Mittelwerte mit den angebrachten Streuungsfahnen zeigt den sekundären Helligkeitswechsel des Sterns, der in unregelmäßigen Wellen verläuft. Die zweite Darstellung diente zum Bestimmen der Minima nach der Pogson'schen Methode [1]. Die Wahl der Minima ist etwas willkürlich, jedoch anhand der m - t -Diagramme verständlich. Eine eindeutige Zuordnung in zwei Kategorien, wie etwa Haupt- und Nebenminima war nicht möglich. Die nach der Methode der Pogson'schen halbierenden Kurve bestimmten Minima können als hinreichend sicher betrachtet werden, wohingegen die Punkte, die am Anfang bzw. Ende einer Beobachtungsreihe liegen und eine geringe Helligkeit aufweisen, als „Mini-

ma“ nur einen unsicheren Wert besitzen. Bei 2441816^d ist die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um ein Minimum handelt, auf Grund der niedrigen Helligkeit noch größer als bei 2441889^d. Trotzdem sind dies keine exakten Werte. Sie wurden lediglich herangezogen, um das Problem der Pseudoperiode P_p zu klären. Diese liegt nach vorsichtigen Untersuchungen an den gewonnenen Werten im Intervall $30^d \leq P_p \leq 100^d$. Der Mittelwert aller gewonnenen Pseudoperiodenwerte nach Formel (1) liegt bei 62^d. Es ist also gewagt, bei derartig großen Schwankungen überhaupt von Pseudoperiode zu sprechen. Exakter formuliert könnte man den Sachverhalt folgendermaßen beschreiben: AE Aur durchläuft neben seinen primären, kurzzeitigen Helligkeitsänderungen sekundäre Wellen, wobei alle 30–100 Tage ein Minimum mit unterschiedlicher Intensität einsetzt.

Derartige Untersuchungen erfordern, um exakte Aussagen machen zu können, weitaus mehr Beobachtungen über eine größere Zeitspanne, als hier zur Verfügung standen. Negativ auf die Zuordnung bzw. Festlegung der Minima wirkt sich deren unterschiedliche Lage und Intensität aus.

Tabelle der bestimmten Minima innerhalb der sekundären Wellen

Nr.	Julianisches Datum	Helligkeit	Genauigkeit
1	2441381 ^d	6.5 Stufen	gut
2	2441727 ^d	7.3 Stufen	gut
3	2441816 ^d	7.8 Stufen	unsicher
4	2441890 ^d	7.4 Stufen	unsicher
5	2441937 ^d	7.1 Stufen	gut
6	2441968 ^d	7.8 Stufen	gut
7	2442027 ^d	7.7 Stufen	gut
8	2442110 ^d	7.0 Stufen	gut

Tabelle der Pseudoperioden zwischen den bestimmten Minima

Nr.	Minima	Dauer
1	2–3	89 ^d
2	4–5	47 ^d
3	5–6	31 ^d
4	6–7	59 ^d
5	7–8	83 ^d
Durchschnitt = 62 ^d		

Aus der Streuung allein ließen sich keine exakten Erkenntnisse über ein unterschiedliches Verhalten des Sterns bei verschiedener Grundhelligkeit gewinnen. Deshalb wurde für alle Mittelwerte der Mittelwertsfehler f_m nach Formel (3) berechnet.

$$f_m = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Der Mittelwert all dieser Werte $\bar{f}_m$ ergab sich nach Formel (1). Da man diesen durchschnittlichen Mittelwertsfehler als Beobachtungsfehler betrachten kann, ließ sich durch Subtraktion des Wertes $\bar{f}_m$ von f_m der Ausdruck $f_m - \bar{f}_m$ bestimmen, der die durch den primären Helligkeitswechsel verursachte Fehlerkomponente pro Einzelwert m des Mittelwertes m darstellt. Die graphische Darstellung in Abhängigkeit von der Mittelwertschwindigkeit zeigt einen – jedoch nicht sehr deutlich und eindeutig ausgeprägten – Zusammenhang zwischen primärer Helligkeitsschwankung und Grundhelligkeit. Demnach sind die primären Veränderungen bei maximaler Helligkeit stärker als im Minimum. Die große Streuung innerhalb des Diagrammes macht allerdings eine exakte und zweifelsfreie Aussage unmöglich. Hierzu wären entweder mehr Beobachtungen oder Messungen mit SEV notwendig. Sehr wahrscheinlich ist, daß die Vorgänge bei AE Aur in der Regel nach diesem Schema ablaufen, jedoch auch größere Abweichungen auftreten können, die dann die große Streuung und somit die Schwierigkeiten bei der Interpretation verursachen. Auch sollte man die Vorgänge bei unregelmäßigen Veränderungen nicht zu sehr in mathematische Schemata pressen und versuchen, die natürlichen Kurven in mathematische umzuwandeln [1]. Durch die unterschiedliche Wahl der Intervalle im $f_m - \bar{f}_m$ -m-Diagramm wurden zwar unterschiedliche Kurvenanstiege erreicht, jedoch bleibt die Grundaussage erhalten. Eine weitere graphische Darstellung der $f_m - \bar{f}_m$ -Werte in Abhängigkeit von der Zeit zeigte, daß hierbei ebenfalls eine periodische Änderung nicht ausgeschlossen ist. Eine definitive Aussage scheitert wiederum am ungenügenden Beobachtungsmaterial. Andererseits wäre auch nicht ausgeschlossen, daß diese Änderung auf die unterschiedlichen Beobachtungsbedingungen bei den drei Reihen zurückzuführen ist, obwohl der Beobachter dies für nicht sehr wahrscheinlich hält.

Abschließend muß festgestellt werden, daß die hier diskutierten 469 Schätzungen bei weitem nicht ausreichen, um exakte Feststellungen treffen zu können.

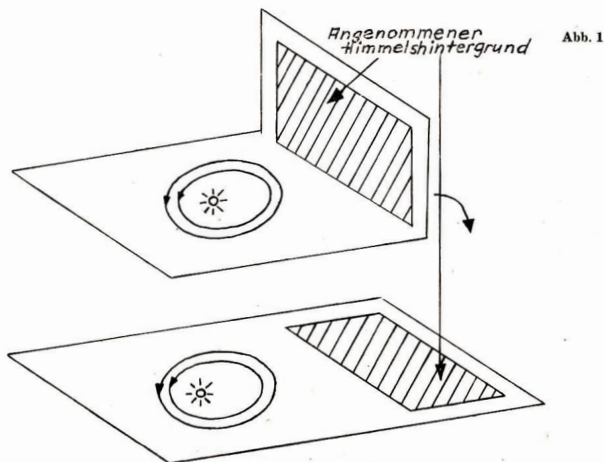
Literatur:

- [1] Hoffmeister, Prof. Dr. Cuno: Veränderliche Sterne, Johann Ambrosius Barth-Verlag, Leipzig 1970, S. 162f.

Zum Beitrag „Selbsterstellung von Modellen für Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen“ in Heft 1/76

Durch eine Leserschrift (Herrmann Risse, Dresden) aufmerksam gemacht, für die ich dankbar bin, möchte ich zur Arbeit mit dem „Modell zur Darstellung der Entstehung von Planetenschleifen“ folgende Erläuterung hinzufügen:

Während der Arbeit mit diesem Anschauungsmittel muß unbedingt darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei ihm erstens zwei rechtwinklig zueinander stehende Ebenen in eine Ebene geklappt wurden (s. Abb. 1), d. h., daß der mit dem Ausschnitt versehene obere Teil des Kartons eigentlich rechtwinklig zu den Bahnebenen der Planeten liegen müßte. Diese Kippung ist aus Gründen der besseren Erkennbarkeit notwendig.



Zweitens muß erläutert werden, daß auch unter Berücksichtigung des Gesagten am gedachten Himmelshintergrund nur eine Vorwärts-, Rückwärts-, Vorwärtsbewegung auf einer Linie zustande kommen könnte, da – im Gegensatz zur objektiven Realität – im Modell die Planeten alle auf einer gemeinsamen Ebene um die Sonne kreisen, d. h., es mußte in diesem Flachmodell auf die unterschiedliche Neigung der Planetenbahnen zur Ekliptik verzichtet werden.

Werden diese Erläuterungen gegeben, dann kann das Modell zur Veranschaulichung dieser für den Laien doch recht komplizierten Vorgänge verwendet werden, ohne die Wissenschaftlichkeit dadurch zu verletzen.

GERHARD IHLOW

Junge Amateure

Die Beobachtung des Planetoiden Eros 1974/75

DIETMAR BÖHME

Eines der wohl außergewöhnlichsten Objekte des Planetoidensystemes ist der mit Nr. 433 gekennzeichnete Eros. Er wurde am 13. August 1898 durch den damaligen Direktor der Urania-Sternwarte Berlin, Dr. Carl Gustav Witt (1866 – 1946) entdeckt. Sein Auffinden auf zahlreichen älteren photographischen Aufnahmen ermöglichte eine schnelle und genaue Berechnung seiner Bahn.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der wichtigsten Bahnelemente und Daten zur Physik des Objekts. Zwei Dinge sind es, die Eros für die Wissenschaft interessant gemacht haben: Seine eigenartige Bahnlage, besonders relativ zur Erdbahn gesehen, und sein ausgeprägter Rotationslichtwechsel. Aus Abb. 1

ASTRONOMIE UND RAUMFAHRT

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1975 – 1976

Redaktion

Dr. Siegfried Marx, Tautenburg (Chefredakteur): Astronomie

Herbert Pfaffe, Berlin (stellv. Chefredakteur): Astronautik

Prof. Dr. Johannes Hoppe, Jena

OL Heinz Albert, Crimmitschau: Amateure beobachten und berichten

Arnold Zenkert, Potsdam

Bernd Zill, Schneeberg: Junge Amateure

Karl-Heinz Neumann, Berlin: Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“

Heinz Mielke, Eichwalde bei Berlin

Artur Hockauf, Berlin (verantwortlicher Redakteur)

Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Ruf-Nr. 2 82 97 44

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint zweimonatlich. Einzelheft (DDR) 1,50 M. Jahresbezugspreis (DDR) 9,00 M.

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit der Astronautischen Gesellschaft der DDR

Veröffentlicht unter Lizenznummer 1490/73 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR. Gesamtherstellung: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle. Bezug der Zeitschrift 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.

Die veröffentlichten Beiträge sind unter folgenden Sachgebieten entsprechend ihres chronologischen Erscheinens erfaßt:

ASTRONOMIE:	Erde und erdnahe Raum
	Mond
	Planeten
	Kleinkörper: Planetoiden, Kometen, Meteorite
	Sonne
	Sterne
	Galaxien
	Kosmogonie, Kosmologie, Wissenschaftsgeschichte
	Instrumente
	Amateure beobachten und berichten
	Beobachtungsanleitungen
	Astronomieunterricht und Arbeitsgemeinschaften
	Verschiedenes
ASTRONAUTIK:	Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie
	Berichte und Informationen
	Satellitenbeobachtung, technische Probleme
	Politische und ökonomische Fragen der Raumfahrt,
	Weitraumrecht
Ergebnisse bemannter und unbemannter Raumflüge	

Bildberichte
Buchbesprechungen

Zahlenangaben nach Titel und Verfasser bedeuten: Jahr, Heft, Seite

Als Abkürzungen sind benutzt: (I) — Information
(L) — Aus der Literatur
(US) — Umschlagseite

Erde und erdnahe Raum

Einfluß einer Sonnenfinsternis auf den Verlauf der Tagestemperatur (L)	1975	1	28
Projekt ARIES zur Erdbebenvorhersage (L)	1975	1	30
Meteoritenfälle (I)	1975	6	189
Meteoritenkrater in Mexiko? (L)	1975	6	189
Solar-terrestrische Physik — I. Die Magnetosphäre (Möhlmann, D.)	1976	1	7
— II. Die Magnetosphäre (Fortsetzung)	1976	2	43
Die Erdrotation beeinflußt das Klima (L)	1976	2	61
Verlagerung der magnetischen Erdpole (L)	1976	2	61
Meteoritenfall (L)	1976	2	62
Magnetosphärenforschung (L)	1976	2	63
Betrachtungen zur Erderkundung aus dem kosmischen Raum (Neumann, K.-H.)	1976	3	78
Bewegung des Sonnenplasmas bis zu 50 km/h (L)	1976	6	187

Mond

Die innere Mondstruktur (L)	1975	1	29
Mondatmosphäre (L)	1975	1	29
Atmosphäre des Erdmondes (L)	1975	2	59

Planeten und ihre Monde

Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1972/73 (Ahnert, P.)	1975	1	15
Neues vom Jupiter und seinem Monde Io (L)	1975	1	31
Die Erforschung des Planeten Merkur (Dorschner, J.)	1975	2	33
Asymmetrie der Saturnringe (L)	1975	2	62
Atmosphäre auf dem Merkur (L)	1975	2	64
Marsfarbbilder (L)	1975	2	3. US
Neue Marshypothese (L)	1975	2	4. US
Phobos kehrt Mars immer die gleiche Seite zu (L)	1975	3	95
Lebensformen auf Jupiter (L)	1975	3	96
Der Große Rote Fleck auf Jupiter (Albert, H.)	1975	4	116
Das Magnetfeld von Jupiter (L)	1975	4	3. US
Merkurmagnetfeld ein historisches Relikt? (L)	1975	4	4. US
Neues vom Olympus Mons (L)	1975	4	4. US
Sturmsysteme in den Polregionen des Jupiter (L)	1975	6	190
Planetensichtbarkeit 1976 (Albert, H.)	1975	6	3. US
Präzisierung des Koordinatensystems auf dem Mars (L)	1976	1	3. US
Kohlenmonoxid in der Jupiteratmosphäre (L)	1976	2	62
Die erste Karte des Marsmondes Phobos (L)	1976	3	94
Titan, ein Gastrabant (L)	1976	3	96
Phasenbeobachtungen der Venus vor und nach der unteren Konjunktion 1975 (Ahnert, P.)	1976	4	109
Amalthea hat „normale“ Temperatur (L)	1976	4	128
Planeten als „Sonden“ für Helligkeitsvariationen der Sonne (L)	1976	4	128
Weitreichender Magnetschweif Jupiters (L)	1976	5	3. US
Der Große Rote Fleck (GRF) auf Jupiter 1975/76 (Ahnert, P.)	1976	6	163

Uranus sendet Radiosignale (L)	1976	6	186
Grabenbruch auf der Venus bestätigt (L)	1976	6	186
Nebel über dem Mars (L)	1976	6	187
Untersuchungen über die Bewegung der Marsmonde (L)	1976	6	188
Neues von Ganymed (L)	1976	6	188

Kleinkörper: Planetoiden, Kometen, Meteorite

Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen (I)	1975	1	20
dto. II (Lenz, Hans-H.)	1975	2	54
Radioemission des Planetoiden Ceres (L)	1975	2	62
Ursprung von Kometen (L)	1975	2	63
„Besuch“ auf Komet Halley (L)	1975	3	94
Kohoutek kam von außerhalb unseres Sonnensystems (L)	1975	3	3. US
Meteoritenfälle (I)	1975	6	189
Meteoritenkrater in Mexiko? (L)	1975	6	189
Neuer Komet entdeckt (L)	1975	6	189
Heos 2 — Komet Kohoutek	1975	6	191
Wird Encke besucht? (L)	1976	2	61
Meteoritenfall (L)	1976	2	62
Meteoritenalter (L)	1976	2	62
Möglicher Apollo-Planetoid entdeckt (L)	1976	4	126
Erdnahe kleiner Planet (L)	1976	4	127
Mit dem Mikrofon auf Meteorjagd (L)	1976	6	186
Was Komet 1862-3 verspricht (L)	1976	6	187

Sonne

Noch immer rege Sonnentätigkeit (Albert, H.)	1975	1	25
Mit dem bloßen Auge sichtbare Sonnenfleck (L)	1975	2	60
Sonnenflecken und Landwirtschaft (L)	1975	4	3. US
Periodische Prozesse der Sonnenaktivität (L)	1975	6	190
Sonne von Planeten gestört? (L)	1975	6	190
Solar-terrestrische Physik — I. Die Magnetosphäre (Möhlmann, D.)	1976	1	7
II. Die Magnetosphäre (Fortsetzung)	1976	2	43
Die Sonnenflecken im Juli, August und September 1975 (Ling, A.)	1976	4	119
Planet als „Sonden“ für Helligkeitsvariationen der Sonne (L)	1976	4	128
Durchführung und Auswertung von Sonnenbeobachtungen (Glombik, H.)	1976	5	144
Bewegung des Sonnenplasmas bis 50 km/s	1976	4	115

Sterne

Die wissenschaftliche Beobachtung von Doppelsternen (Pfau, W.) mit 3 Abb.	1975	1	1
Eigenbewegung von Pulsaren entdeckt (L)	1975	1	27
Rätselhafte γ -Impulse (L)	1975	1	27
Warum rotieren Sterne? (Frage und Antwort)	1975	2	58
Neuer Supernovamechanismus (L)	1975	2	60
Supernovae und Geochemie (L)	1975	2	60
„Schwarze Löcher“ im Labor? (L)	1975	2	62
Elf neue Pulsare (L)	1975	2	64
Pulsarforschung (L)	1975	2	64
Weißer Zwergstern (L)	1975	2	64
Der Durchmesser der Sterne (I)	1975	2	3. US
Sterne mit ausgedehnten Atmosphären und Hüllen (Gürtler, J.) I.	1975	5	129
dto. (Fortsetzung und Schluß)	1976	1	161
Die Evolution der Sterne (Seldowitsch, J., und Nowikow, I.)	1975	5	159
Sternoberfläche fotografiert (L)	1975	6	189
Stern mit außerordentlicher Strahlungsenergie entdeckt (L)	1975	6	190
Pulsator in Doppelsternsystem entdeckt	1975	6	192
Nova Cygni (Marx, S.)	1976	1	20
Neutronenstern „gewogen“	1976	2	62
Überschnelle Pulsare (L)	1976	4	125
Schnelles interstellares Objekt (L)	1976	4	126
Röntgenpulsar in der kleinen Magellanschen Wolke (L)	1976	4	127
Vela X 1	1976	4	3. US
Objekt 1976 AA (L)	1976	5	3. US
Vom Teleskop „Orion 2“ entdeckt (L)	1976	6	185
Röntgenstrahler (L)	1976	6	187

Galaxien

Einige Ergebnisse der extraterrestrischen Astrophysik (Schmidt, K.-H.)	1975	2	45
Intergalaktische Materie innerhalb von Galaxienhaufen (L)	1975	2	60
Milchstraßensystem und Magellansche Wolken intergalaktisch miteinander verbunden (L)	1975	2	63
Alkohol im Weltraum (L)	1975	2	3. US
Die Spiralstruktur extragalaktischer Sternsysteme (Reiche, J.)	1975	3	73

Mehr Hinweise auf extraterrestrisches Leben (L)	1975	3	96
Das galaktische Zentrum (Kühn, L)	1975	4	97
Kohlenmonoxid in anderen Galaxien (L)	1975	4	3. US
Der Andromedanebel (L)	1975	6	189
Ultrakompakte H-II-Regionen und OH-Quellen (L)	1975	6	191
Ein neues Milchstraßensystem? (L)	1976	3	3. US
Schnelles interstellares Objekt (L)	1976	4	126
Kohlenmonoxid in der Galaxie M 82 (L)	1976	4	127
Kohlenmonoxid in der Großen Magellanschen Wolke (L)	1976	4	127
Sternhaufen Omega mit schwarzem Loch? (L)	1976	5	3. US

Kosmogonie, Kosmologie, Wissenschaftsgeschichte

Ursprung von Kometen (L)	1975	2	63
Mittelalterliches arabisches Manuskript „Buch der Bewegung der Planeten“ entdeckt (L)	1975	4	128
Die Evolution der Sterne (Seldowitsch, J., und Nowikow, I.)	1975	5	159
Gravitationswellen (L)	1975	6	191
Probleme der modernen Kosmologie (Seldowitsch, J., und Nowikow, I.)	1976	2	33
Die Entwicklung der kosmologischen Vorstellungen von Th. Wright bis I. Kant und J. H. Lambert (Jackisch, G.)	1976	2	40
Analogien zwischen kosmischen Systemen verschiedener Größenordnungen (Široky, J.)	1976	3	72
Stabile Sternbeobachtung	1976	3	3. US
Das Problem der außerirdischen Zivilisationen und seine philosophischen Aspekte (Schklovski, I. S.)	1976	4	97
dto; Fortsetzung und Schluß	1976	5	133
Tycho Brahe · Zum 375. Todestag des Astronomen (Friedrich, K.)	1976	6	161
Wird uns die Kosmologie neue Erkenntnisse bringen? (L)	1976	6	183
Forschungen zu philosophischen Problemen der modernen Astronomie in der Sowjetunion (L)	1976	6	185

Instrumente

Durchlässigkeit der Farbfilter (Frage u. Antwort)	1975	1	6
Stahlbaupreis für Radioteleskop (L)	1975	1	27
Transportable Instrumente (L)	1975	2	64
Bezug von Schleifmaterial für Spiegel (Frage und Antwort)	1975	3	78
Effesberg geringere Leistung? (L)	1975	3	96
Fertigungsprogramm für Schul- und Amateurgeräte 1976/77 (I)	1975	4	123
Betrachtungsgläser für astronomische Umgebungskarten in Dia-Form (Wolff, P./Nernn, J.)	1975	5	154
Sonnenturm in Koznava (Dujnie, M.)	1975	6	189
Bau eines Zenit- und Sonnenprismas (Zill, B.)	1976	1	32
Die Radioteleskope der Sternwarte Hoeven (Wamsteker, W.)	1976	2	60
Gradanzeigergerät für azimutal montierte Fernrohre (Winzer, A.)	1976	5	156
Radioteleskope und Fernrohre (Olmur, J.)	1976	6	165
Neuer Spiegel für die Karte der Röntgenstrahlenquellen des Himmels (L)	1976	6	186

Amateure beobachten und berichten

Partielle Mondfinsternis 1974 Juni 4/5 photometriert (Albert, H.)	1975	1	17
Beobachtung der Mondfinsternis am 4./5. Juni 74 (Böhme, D.)	1975	1	18
Meteor gesichtet (I)	1975	1	19
Beobachtung der Perseiden 1974 (Rendtel; Müller, M.; Prell, Kubik)	1975	2	50
Beobachtung des GRF auf Jupiter 1974 (Bretschneider, H.)	1975	3	92
Helles Meteor beobachtet (Bergmann, U.)	1975	3	92
Leserbrief zu „Helles Meteor beobachtet“	1975	6	182
Der Große Rote Fleck auf Jupiter 1974 (Albert, H.)	1975	4	116
Jupiter 1974 (Bensch, C. P./Ziener, St.)	1975	4	118
Amateurbeobachtungen von Barnards Stern (Kitta, D.)	1975	4	121
Beobachtung des Perseidenstromes 1974 (Urbanaki, H.)	1975	4	122
Fotografische Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 (Greißner, H.-D.)	1975	5	157
Der Große Rote Fleck 1974 (Ahmert, P.)	1975	5	158
Nova in Cygnus 1975 (Otto, E.)	1975	6	176
Nova Cygni im Feldstecher beobachtet (Metzger, H.-J.)	1975	6	176
Komet 1975 h (Mrasz, H.)	1975	6	177
Nova Cygni 1975. Vorläufige visuelle Lichtkurve (Busch, H./Händler, K.)	1975	6	177
Komet 1975 h (Müller, K.-H.; Dietrich, M.; Sternwarte „Simon Stevin“ Hoeven; Müller, T./Bretschneider, H.)	1975	6	178
Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 (Pätzner, E.)	1975	6	179
Beobachtung der Konstellationen Venus-Saturn-Kastor-Pollux 1975 Mai 20 bis 30 (Pätzner, E.)	1975	6	180
Temperaturverlauf während der partiellen Sonnenfinsternis vom 11. 5. 1975 (Bechert, A./Kruppa, T.)	1975	6	181
Beobachtung der Sonnenfinsternis 1975 Mai 11 (Noack, R.)	1975	6	183
Beobachtung der Nova im Schwan (Reichenbacher, K.)	1976	1	21
Feuerkugel gesehen (Senf, G.)	1976	1	22
Beobachtung eines hellen Meteors (Kirsch, K.)	1976	1	22
Perseidenbeobachtung 1975 der Astronom. AG „B. H. Bürgel“ Potsdam (Rendtel, J.)	1976	2	51
Meine Venusbeobachtungen 1975 (Köhler, F.)	1976	2	54
Der Komet Kobayashi-Berger-Milon 1975 h (Geißhirt-Ling, A.)	1976	2	55
Visuelle Beobachtung des Kometen ... 1975 h mit dem Feldstecher (Pätzner, E.)	1976	2	56

Beobachtung der Perseiden 1975 (Schulz, G. und H.)	1976	2	58
Sternaufnahmen mit der Ib-Montierung (Roloff, W.)	1976	3	84
Auswertung der Beobachtung der scheinbaren Venus-Dichotomie (Branzk, R.)	1976	3	85
Mondfinsternis vom 18./19. 11. 1975 (Pfitzner, E.)	1976	3	87
Beobachtung der Nova Cygni (Bergmann, U.)	1976	3	93
Merkur 1976 (Rendtel, J.)	1976	4	115
Beobachtung eines kleinen Meteorstromes (Dietrich, M.)	1976	4	115
Feuerkugelercheinungen 1975 (Kirsch, K.; Renner, G.)	1976	4	116
Beobachtung des Kometen Kobayashi-Berger-Milon 1975 II (Böhme, D.)	1976	4	120
Beobachtungen des Kometen West 1975 II (Busch, H./Häußler, K.)	1976	5	152
Nova Cygni 1975 (aus „Harthaar Beob.-Zirkular“)	1976	5	153
Meine Finsternisbeobachtung vom 29. 4. 1976 (Selig, U.)	1976	5	154
Visuelle Beobachtung der Nova Cygni V 1500 Cyg (Böhme, D.)	1976	5	158
Beobachtung des Kometen West (Reichenbacher, K.)	1976	5	160
Beobachtung unregelmäßig Veränderlicher durch den Amateur (Mosch, J.)	1976	6	170
Die Beobachtung des Planetoiden Eros 1974/75 (Böhme, D.)	1976	6	176
Tagesbeobachtungen von Gestirnen (Schrötter, M.)	1976	6	182

Beobachtungsanleitungen

Planetensichtbarkeit 1975 (Albert, H.)	1975	1	3. US
Partielle Mondfinsternis 1974 Juni 4/5 photometriert (Albert, H.)	1975	1	17
Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen (Lenz, H. H.)	1975	1	20
Fotografie von punktförmigen Sternbildern mit feststehender Kamera (L)	1975	1	30
Bestimmung der Entfernung eines Planetoiden oder Planeten aus zwei Beobachtungen II (Lenz, H. H.)	1975	2	54
Ermittlung der Wandrichtung für eine deklinierende Vertikal-(Süd-)Sonnenuhr durch Sonnenzeit-azimutbeobachtung (Hanke, W.)	1975	3	81
Berichtigung zu „... Vertikal-Sonnenuhr...“	1975	6	182
Zwei Polsequenzen zur Bestimmung der Grenzgröße und des Auflösungsvermögens von Fernrohren (L)	1975	4	127
Bemerkungen zum Beitrag „Jupiter 1974“, Heft 4/75 (Albert, H./Blasberg, H.-J.)	1975	5	148
Beobachtungshinweise für jüngere Beobachter (Zill, B.)	1975	6	183
Planetensichtbarkeit 1976 (Albert, H.)	1975	6	3. US
Komet Westphal wird in Sonnennähe erwartet (Pfitzner, E.)	1975	6	179
Zehn Gebote für den Beobachter veränderlicher Sterne (L)	1975	6	191
Einige Aspekte moderner amateurastronomischer Arbeit (Marx, S.)	1976	1	1
Beobachtung heller Meteore (Marx, S.)	1976	1	21
Ausschöpfen des Informationsinhaltes von Amateur-Astroaufnahmen durch Kontrastverstärkung (Blasberg, H.-J.)	1976	1	22
Gasnebelphotografie (I)	1976	1	3. US
Zur Phänomenologie der Planetenbewegungen. Die ausgezeichneten Planetenstellungen aus helio- und geozentrischer Sicht (Zenkert, A.)	1976	2	49
Auf den Spuren antiker Astronomen I (Herrmann, D. B./Rothenberg, E.)	1976	3	65
— Teil II	1976	4	105
— Teil III	1976	5	129
Sonnenbeobachtung mit Polarisationsfilter (Ziegner, H.)	1976	3	88
Koordinatenbestimmung durch Anschließen an Katalogsterne (Berth, F.)	1976	3	90
Beobachtungen am projizierten Sonnenbild (Leo, M.)	1976	4	113
VV Cep im Minimum (Böhme, D.)	1976	4	121
Hinweise für die heute übliche Zählweise von Sonnenflecken zur Bestimmung der Relativzahl (Könzel, H.)	1976	4	121
Lesermeinungen zum Beitrag „Einige Aspekte amateurastronomischer Arbeit“, Heft 1/76 (Marx, S.)	1976	4	123
Bestimmung der Größe der Pupille bei Dunkelheit (L)	1976	4	126
Hinweise auf einige besondere Himmelserscheinungen	1976	4	3. US
Fehlerquellen, Fehlerbestimmung und Fehlervermeidung (Ahnert, P.)	1976	5	137
Durchführung und Auswertung von Sonnenbeobachtungen (Glombik, H.)	1976	5	144
Hinweise zur Auswertung eigener Aufnahmen des Kometen West (Albert, H.)	1976	5	152
Himmelsaufnahmen mit der Kleinbildkamera (Zill, B.)	1976	5	154
Planetensichtbarkeit 1977 (Albert, H.)	1976	6	3. US

Astronomieunterricht und Arbeitsgemeinschaften

II. Kolloquium zur Methodik des Astronomieunterrichtes (Albert, H.)	1975	1	25
Wie der Club Junger Kosmonauten in Leipzig-Südost arbeitet (I)	1975	1	26
Lichtbildreihe „Astronomie“ zurückgezogen (I)	1975	3	93
Eine drehbare Sternkarte in Taschenformat (Hänert, W.)	1975	3	90
Ausstellung in Röbel (Bergmann, U.)	1975	3	94
Ausstellung in Schneeberg (Zill, B.)	1975	6	188
Selbsterstellung von Modellen für AG und Fachgruppen (Ihlow, G.)	1976	1	24
Zum Beitrag „Selbsterstellung von Modellen für Arbeitsgemeinschaften und Fachgruppen (Ihlow, G.)	1976	6	176

Verschiedenes

Die Osterparadoxie des Jahres 1974 (Felber, H.-J.)	1975	1	12
8. Landestreffen der ungarischen Amateurastronomen	1975	1	26
Bürger-Ehrungen 1975 (I)	1975	1	26
Nobelpreis für Radioastronomen (L)	1975	1	27

Prof. Dr. N. B. Richter 65 Jahre	1975	1	32
Erste städtische Sternwarte in Italien (L)	1975	2	61
Megalithische Kunstgalerie mit Sonnenbeleuchtung (L)	1975	2	63
Farbige Mondkarten (I)	1975	2	3. US
Berichtigung zu Heft 6/74, Seite 179	1975	2	4. US
Leitungswechsel im Karl-Schwarzschild-Observatorium	1975	3	93
Die Volkssternwarte Drebach (I)	1975	3	93
30 Jahre Kulturbund (Otto, E. sen.)	1975	4	115
Ein Leben für die astronomische Volksbildung. Zur 100. Wiederkehr des Geburtstages von Bruno H. Bürgel (Zenkert, A.)	1975	5	149
Nachts am Fernrohr (B. H. Bürgel; (L))	1975	5	160
Rudolf Brand (†) zum Gedächtnis	1975	6	178
VII. Treffen junger Astronomen der Slowakei (Zenkert, A.)	1975	6	188
UFO-Dokumentation (L)	1975	6	190
Ehrungen Bruno H. Bürgels 1975 (Zenkert, A.)	1976	2	59
Erich Scholz (Zittau) 75 Jahre (Franze/Schöbel)	1976	2	64
Aus dem Programmewurf der SED (L)	1976	2	64
Urania-Referentenberatung in Berlin (Lindner, K.)	1976	3	94
Sternenkatalog (L)	1976	3	96
Februar 1976 hatte 5 Sonntage (L)	1976	4	127
Neue Signale für Kommunikationsversuche mit extraterrestrischen Zivilisationen (L)	1976	4	127
„Physik und Entwicklung der Sterne“ — Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten (L)	1976	4	128
9. Treffen der Amateurastronomen der VR Ungarn (Zenkert, A.)	1976	6	182
Leninpreis für kosmische Physik (L)	1976	6	185
Zweijahres-Inhaltsverzeichnis 1975/76	1976	6	I-VIII

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

VII. Zentrale Tagung für Astronomie in Magdeburg (Radler, K.)	1976	1	23
Seminar des ZFA über die instrumentelle Ausrüstung des Amateurastronomen (Zenkert, A.)	1975	1	24
Tonbandarchiv des ZFA (I)	1975	1	24
Zur Gründung eines BFA Neubrandenburg (I)	1975	3	94
Zwei Vorhaben des ZFA Astronomie für Herbst 1975 (I)	1975	4	114
Erfahrungsaustausch der FG Astronomie im Bezirk Leipzig (Lindner, K.)	1975	5	3. US
Die Arbeit der FG Astronomie Schwerin-Stadt	1975	5	4. US
Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ (Busch, H.)	1975	6	186
Arbeitsprogramm der Sektions-AG „Astronomie“ in Rostock (Weinert, G.)	1975	6	186
Sommerlager „Astronomie“ in Apolda (I)	1976	3	94
Mitteilung des ZFA Astronomie: Information über Jugendtreffen 1977	1976	4	112
Zur Entwicklung der astronomischen Jugendarbeit in der DDR (Röllig, H.)	1976	4	124
Zentrales Treffen junger Amateurastronomen der DDR im Februar 1976 (Röllig, H.)	1976	4	125
Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ (Busch, H.)	1976	6	182

ASTRONAUTIK

Berichte und Informationen

Das Unternehmen Mariner 10 (Neumann, K.-H.)	1975	1	7
Fliegendes Sonnenobservatorium in der Stratosphäre	1975	1	28
Projekt ARIES zur Erdbebenvorhersage (L)	1975	1	30
Ballons contra Fernsatsatelliten (L)	1975	1	31
Arabischer Nachrichtensatellit (L)	1975	1	31
Kosmische Strahlungsuntersuchungen mit Salut 1 (Fromm, W. D.)	1975	2	41
Pioneer-Sonden zur Venus (I)	1975	2	4 US
Die Entwicklung der sowjetischen Raumfahrt (Neumann, K.-H.)	1975	3	65
„Besuch“ auf Komet Halley? (L)	1975	3	94
Pioneer 11 jetzt auf einer Flugbahn zum Saturn (I)	1975	3	4 US
Raketentrümmer stürzten in den Nordatlantik (L)	1975	4	127
Dritter Satellit der VR China (L)	1976	1	3 US
Viking 2 auf dem Wege zum Mars (L)	1976	2	61
Sonnensonde Helios B (L)	1976	2	62
Projekt Kosmos-Station (L)	1976	4	3 US
Die Entwicklung der sowjetischen Nachrichtensatelliten (Naumann, H.-D.)	1976	5	141
DDR-Wissenschaftler im Interkosmosprogramm (L)	1976	5	160
Neun sozialistische Länder forschen gemeinsam im AU (L)	1976	6	184
Raumforschungskollektive – Keime eines neuen Zweiges der Volkswirtschaft (L)	1976	6	188
Projekt neuer gemeinsamer Raumflugunternehmen UdSSR – USA (L)	1976	6	4 US

Satellitenbeobachtung, technische Probleme

Spacelab (L)	1975	1	27
Skylab-Werkstoffversuche (L)	1975	2	61
Das Raumfahrtprojekt Spacelab (L)	1975	3	96
CTS – ein neues kanadisches Nachrichtensatellitenprojekt (L)	1975	3	96
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond III (Hantzsch, E.)	1976	4	107
Das Test- und Experimentalprogramm des Applikationssatelliten ATS 6 (Naumann, H.-D.)	1976	4	124
Wetterbildempfang der Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ Berlin (Neumann, K.-H.)	1976	2	47
Im Juni 1975 Salut 4/Sojus 18 gesehen (Pätzner, E.)	1976	2	61
Beobachtungen mit Orion 2 (L)	1976	3	96
Pioneer 11 änderte Kurs zum Saturn (L)	1976	3	96

Politische und ökonomische Fragen der Raumfahrt, Weltraumrecht

Kostenersparnisse in der Raumfahrtforschung (L)	1975	2	61
Konvention über die Registrierung von Weltraumkörpern (Reintanz, G.)	1975	3	79
Algerien nutzt Intelsat-Satelliten für Inland-Nachrichtenverkehr (L)	1975	3	3 US
Projekt Arab Communication Satellite (L)	1975	3	4 US
Satelliten für direkte Fernsehübertragung (L)	1975	4	3 US
Stand und Entwicklungsperspektiven der Nachrichtensatelliten (Naumann, H.-D.)	1976	1	15
Zum Interkosmosprogramm (L)	1976	2	62
Prognosen der Raumfahrtentwicklung für die 80er Jahre (L)	1976	2	63
Erweiterung der direkten Fernsprechverbindung zwischen der sowjetischen und der USA-Regierung über Satelliten (L)	1976	3	96
Molnja verbindet CSSR mit Kuba	1976	3	96
Nutzung der NASA-Produkte (Reintanz, G.)	1976	4	124

Ergebnisse bemannter und unbemannter Raumflüge

Marsfarbbilder (L)	1975	2	3 US
Salut 4: Das Experiment „Emission“	1975	3	95
Ergebnisse der Erforschung Jupiters durch Pioneer 10 (Neumann, K.-H.)	1975	5	143
Beobachtungen zum Unternehmen Salut 4/Sojus 17 (Neumann, K.-H.)	1975	6	172
Heos 2 – Komet Kohoutek (L)	1975	6	191
Betrachtungen zur Erderkundung aus dem kosmischen Raum (Neumann, K.-H.)	1976	3	78

Bildberichte

Venusaufnahmen von Mariner 10	1975	1	I
Merkurtaufnahmen von Mariner 10	1975	1	II–III
Sonne mit großer Fleckengruppe (M. Dietrich)	1975	1	IV
Merkurtaufnahmen von Mariner 10 und Merkurkarte	1975	2	I–IV
Spiralstruktur extragalaktischer Sternsysteme	1975	3	I–III
Eros-Aufnahmen (E. Otto und M. Müller)	1975	3	IV
Jupiter 1974 (Renschen/Ziemer)	1975	4	I
Barnards Stern (D. Kitta)	1975	4	II
Merkur, Januar 1975 (J. Rendtel)	1975	4	III
Bahnspur des Planetoiden Eros (H. Röllig)	1975	4	IV

Mond im „aschgrauen Licht“ (H.-J. Blasberg)	1975	4	IV
Erforschung Jupiters durch Pioneer 10	1975	5	I, III
Fotografische Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis 1975 Mai 11	1975	5	IV
Nova in Cygnus 1975 (E. Otto; H. Busch)	1975	6	I
Komet 1975 h (H. Mraß; K.-H. Müller; M. Dietrich; Volkssternwarte „Simon Stevin“)	1975	6	II—III
Flugkörper vor der Sonnenscheibe (A. Ling)	1975	6	IV
Bildbeispiele zur Kontrastverstärkung (H.-J. Blasberg)	1976	1	I—II
Nova Cygni (B. Hübel)	1976	1	III
Planetoid Eros (Astr. Station Halle-Kanena)	1976	1	III
Sonnenfleckenzzeichnungen (S. Seliger)	1976	1	IV
Satelliten-Wetterbilder	1976	2	I—IV
Sternaufnahmen mit der I b-Montierung: Nova Cygni, M 31, M 42, M 51 (Roloff, W.)	1976	3	I—III
Hantelnebel mit Meteor- und Satellitenspür (Müller, K.-H.)	1976	3	IV
Merkur 1976 (2 Abb.; Rendtel, J.)	1976	4	I, II
Feuerkugel 1975 August 4 (Karrer, M.)	1976	4	I
Komet 1975 n (Müller, K.-H., u. Müller, Martin)	1976	4	III, IV
Gratulation zum 80. Geburtstag für Edgar Otto	1976	5	I
Komet West, 1975 n (Busch/Häußler)	1976	5	II
Nova Cygni 1975 (Rendtel/Jungstand)	1976	5	III
Nordpolgebiet – Sternspuraufnahmen und Mond-Venus-Konjunktion (Zühl, B.)	1976	5	IV

Buchbesprechungen

Planet Erde (Albert, H.)	1975	1	4. US
Prinzipien der Dynamik (Marx, S.)	1975	2	4. US
Die Planeten (Albert, H.)	1975	6	4. US
Der Sternhimmel (Boehmert, Kl.)	1975	6	4. US
Satellitenbilder (Neumann, K.-H.)	1976	1	4. US
Grundfragen der Quanten- und Relativitätstheorie (Marx, S.)	1976	2	3. US
Copernicus und die Gravitation (Marx, S.)	1976	2	3. US
Elementare Kosmologie (Marx, S.)	1976	2	4. US
Wolken, Wind und Wetter (Mielke, H.)	1976	3	3. US
Abenteuer Weltraum (Marx, S.)	1976	3	4. US
Sojus-Apollo 1975 (Neumann, K.-H.)	1976	4	4. US
Raumfahrt für die Erde (Neumann, H.-K.)	1976	4	4. US
Geschichte der Astronomie (Albert, H.)	1976	5	3. US
Relativität, Gruppen, Teilchen	1976	6	4. US

Die Zusammenstellung besorgte: HEINZ ALBERT

Wichtige Bahnelemente und Daten zu Eros [2, 3, 4]

aufsteigender Knoten ($\bigcirc$): 304°012

Neigung der Bahn gegen die Ekliptik

mittlerer Abstand von der Sonne (a): 1,4581 AE

Perihelabstand (q): 1,14 AE

Aphelabstand (Q): 1,78 AE

numerische Exzentrizität (e): 0,2229

siderische Umlaufzeit: 643^d08

synodische Umlaufzeit: $2^{\text{a}}116^{\text{d}}$

mittlere Oppositionshelligkeit (m): 11[±]5

absolute Größe für $r = 1 \text{ AE}$ und $d = 1 \text{ AE}$ (g): $12^{\text{m}4}$

Dimensionen: 7 mal 17 mal 33 km

siderische Rotationsperiode: $5^{\text{h}}16^{\text{m}}12^{\text{s}}.914$

Albedo im vis. Bereich: 0.20

Phasenkoeffizient im vis. Bereich (β): 0.023

Mittl. spektrale Helligkeitsdifferenzen B - V: 0.792

U = B: 0.757

Erläuterung: mittlere Oppositionshelligkeit und absolute Größe sind für den V-Bereich im UBV-System gegeben, ebenso Phasenkoeffizient und Albedo.

r = Entfernung Eros-Sonne. A = Entfernung Eros-Erde*

I, III Minima, II; IV Maxima.

Nr.	Datum	MEZ	J. D.	Typ
1	1974 XII 23	18 ^h 24 ^m	2442405.2250	I
2		19 ^h 42 ^m	2442405.2792	II
3		21 ^h 00 ^m	2442405.3333	III
4		22 ^h 26 ^m	2442405.3931	IV
5	1975 II 08	19 ^h 20 ^m	2442452.2639	I
6		20 ^h 43 ^m	2442452.3215	II
7		22 ^h 01 ^m	2442452.3757	III
8		23 ^h 19 ^m	2442452.4299	IV
9	1975 II 10	18 ^h 56 ^m	2442454.2472	I
10		19 ^h 58 ^m	2442454.2903	II
11	1975 II 11	18 ^h 35 ^m	2442455.2326	III
12		20 ^h 03 ^m	2442455.2938	IV
13		21 ^h 20 ^m	2442455.3472	I
14	1975 II 16	19 ^h 54 ^m	2442460.2875	III

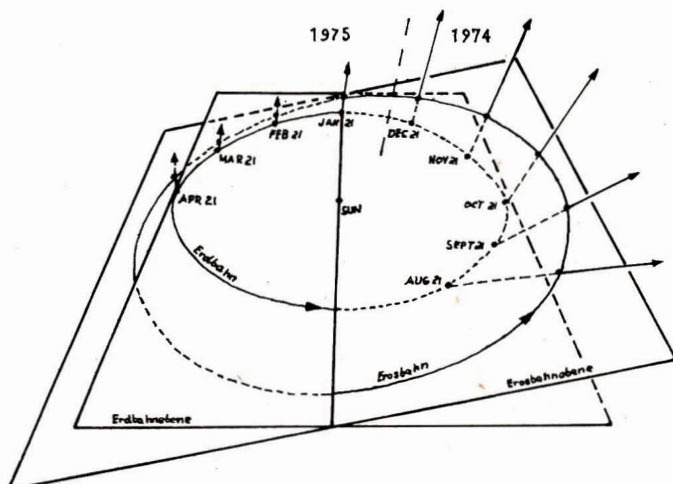


Abb. 1: Eros und Erde 1974/75 (aus „TONIGHTS ASTEROIDS“; Bulletin No. 20).

Noch zu vermerken ist, daß die Maximalamplitude des Lichtwechsels starken Änderungen unterworfen ist. So wurden 1900/01; 1930/31 Helligkeiten mit einer Amplitude von 1^m5 , 1903 von 0^m8 und 1917 wie 1935 von 0^m4 beobachtet, die diesjährige Amplitude betrug maximal 1^m15 . Man erklärt diese Erscheinung mit der Änderung der Lage der Rotationsachse des Planetoiden. Der amerikanische Astronom C. D. Vesely bestimmte den Durchstoß dieser Achse in unserem Äquatorsystem mit RA 0^h0 Dekl. $+31^\circ1$. [1].

Die Bestimmung der siderischen Rotationsperiode anhand eigener Beobachtungen

Den Hauptteil meiner Beobachtungsarbeit bildete die Verfolgung des Rotationslichtwechsels. Dazu konnten insgesamt an 10 Tagen Beobachtungen durchgeführt werden. Die relative Änderung der Helligkeit bestimmte ich mittels der Stufenschätzmethode von Argelander. Dafür wurden jeweils 2 bis 3 Sterne zum Vergleich ausgewählt. Die Schätzungen erfolgten im Abstand von 10–15 Minuten und dies über einige Stunden, so daß es möglich war, mit einer Beobachtungsreihe mehrere Extrema des Lichtwechsels zu erfassen. Die Bestimmung der Maxima und Minima anhand der Schätzungen erfolgte auf grafischem Wege. Abb. 2 zeigt eine derartige Beobachtungsreihe vom 23. 12. 74.

Zur weiteren Auswertung wurden nur die Maxima und Minima, die mit genügender Genauigkeit bestimmt werden konnten, herangezogen. Es wurden 8 Minima und 6 Maxima zur Bestimmung der Rotationsperiode einbezogen. Der von ihnen umschlossene Zeitraum beträgt 55 Tage oder etwa 250 Rotationen.

Eine Periode des Lichtwechsels umfaßt zwei Minima und zwei Maxima. Die aus den Diagrammen gefundenen Zeiten sind nun nicht unmittelbar zur Bestimmung der Rotationsperiode zu verwenden. Um sie für eine Auswertung aufzubereiten, ist es nötig, an diese Zeiten einige Reduktionen anzubringen. Durch die Bewegung von Eros und Erde relativ zueinander kommt es zu einer ständigen Änderung ihrer Entfernung. Da wir nun auch unterschiedliche Lichtzeit haben, muß eine Korrektur angebracht werden, welche sich auf eine konstante Entfernung bezieht. Die Wahl dieser Entfernung kann willkürlich erfolgen; ich entschied mich hier für 0.227 AE, die Eros am 19. 12. 74 von der Erde hatte. Aus dem Kalender für Sternfreunde für 1975 und den IAU-Circularen entnahm ich die zur Korrektur nötigen Daten.

Ich bestimmte nun die Differenzen der Eros-Erde-Entfernungen der einzelnen Beobachtungszeitpunkte zu der Entfernung von 0.227 AE, der Reduktionsentfernung. Daraus berechnete ich dann mit Formel 1 die Lichtzeitkorrektur. Die mit dieser Korrektur versehenen Zeiten gelten also für einen Eros, der sich in konstanter Erdentfernung von 0.227 AE um die Sonne bewegt.

$$t_1 = (A_0 - A_n) \cdot 8.308 \text{ min} \quad (1)$$

Tabelle 3

Datum 1974/75	r (AE)	Δ (AE)
XII 23	1,158	0,208
II 08	1,139	0,169
II 10	1,140	0,172
II 11	1,140	0,174
II 16	1,147	0,191

Tabelle 5

Reduzierte Zeiten		
Nr.	JD/UT	Reduktions- epoche
1	2442405,2235	101
2	2442405,2777	101
3	2442405,3318	101
4	2442405,3916	101
5	2442452,2237	315
6	2442452,2813	315
7	2442452,3355	315
8	2442452,3897	315
9	2442454,2058	324
10	2442454,2589	324
11	2442455,1898	328
12	2442455,2510	329
13	2442455,3044	329
14	2442460,2399	351

Tabelle 4

Reduktionswerte

Datum 1974/75	$(A_0 - A_n)$ (AE)	k_1	$\Delta\lambda$	k_2	k_{ges}
XII 23	+0,020	+0°0001	2°7	-0°0016	-0.0015
II 08	+0,056	+0°0004	64°5	-0°0406	-0.0402
II 10	+0,052	+0°0003	67°5	-0°0418	-0.0415
II 11	+0,050	+0°0003	71°5	-0°0431	-0.0428
II 16	+0,034	+0°0002	78°0	-0°0478	-0.0476

Diese Zeiten sind jedoch zur Bestimmung der Rotationszeit ungeeignet. Es ist nötig, noch eine zweite Reduktion durchzuführen. Hervorgerufen durch die Bewegung von Eros an der Erde vorbei kommt nach einer Rotation nicht das gleiche Areal der Erosoberfläche in die Visierlinie zur Erde, sondern erst nach einem bestimmten Zeitbetrag. Dieser Zeitbetrag ist eine unmittelbare Funktion der Bewegung von Eros um einen bestimmten Winkel relativ zur feststehend gedachten Erde. Die Winkeländerungen bestimmte ich unter Verwendung eines selbstangefertigten Diagrammes (Abb. 3). Den Winkel, welchen die Verbindungslinie Erde-Eros mit dem verlängerten Radiusvektor der Erde bildet, bezeichne ich mit β , bis zur Opposition sind die Winkel positiv, dann negativ. Bei dieser Reduktion nahm ich als Reduktionsepoche den 19. 12. 74 an und bezeichnete den Winkel hier mit β_0 . Daraus konnten nun leicht die Differenzen $\Delta\lambda$ als $\beta_0 - \beta_n$ gebildet werden. Über eine einfache Formel erfolgt die Umrechnung der Winkelgröße in das Korrekturzeitmaß.

$$t_2 = \frac{T \cdot \Delta\lambda}{360} \quad (2)$$

T = vermutete Rotationsperiode

In Tabelle 4 sind die bestimmten Werte für t_2 und die Ergebnisse der Gesamtreduktion t_G gegeben. t_G wird aus Addition von t_1 und t_2 gebildet, wobei t_2 mit negativem Vorzeichen eingeht, da es ja die beobachtete Rotationsperiode verkürzen soll. An die beobachteten Maxima- und Minimazeiten wird t_G angebracht.

Aus den jetzt angegebenen Zeiten kann sofort durch Verfahren der mathematischen Ausgleichung mit rechnerischen oder grafischen Methoden auf die siderische Rotationsperiode geschlossen werden. Da nur eine geringe Anzahl von Beobachtungen vorlag, arbeitete ich nach einer grafischen Ausgleichung, wie sie ausführlich von Hoffmeister (5) beschrieben wurde. Es wird eine genäherte Periode angenommen und mit ihr die Zeiten der von mir beobachteten Minima und Maxima genähert berechnet. Als dann wird der B-R-Wert der einzelnen Zeiten gebildet und dieser in einem Diagramm über die Epochenanzahl aufgetragen. Der Anstieg oder Abstieg der ausgleichenden Gerade, berechnet auf eine Periode, ist dann der Wert, der als Korrektur an der näherungsweise angenommenen Periode angebracht werden muß, um die beobachtete Periode zu erhalten.

Nach Auswertung mit diesem Verfahren konnte ich folgende Periode ableiten:

$$P(\text{Bohme}) = 0^d21963997$$

$$P(\text{international angenommene}) = 0^d219593913 \quad (3)$$

$$P(\text{amerikanische Beobachtergruppe 1974/75}) = 0^d219604 \quad (6)$$

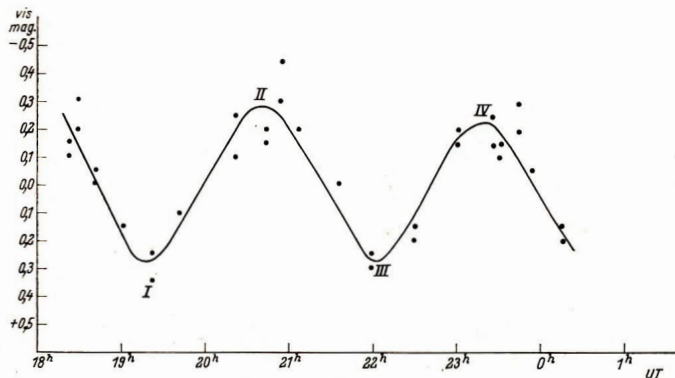
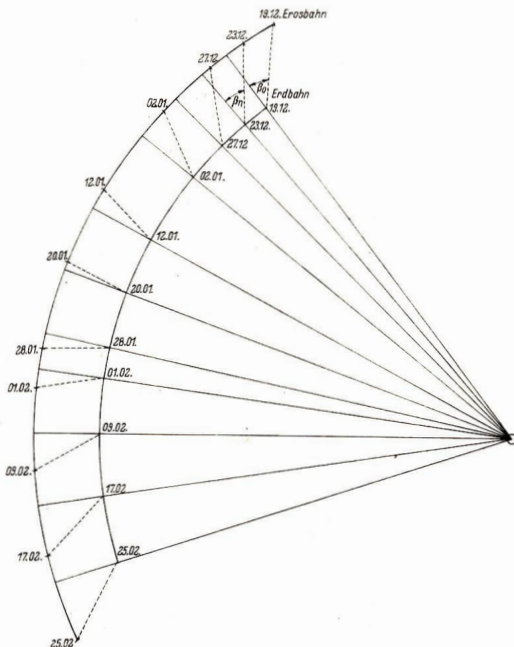


Abb. 2: Rotationslichtwechsel von Eros am 23. 12. 74.

Abb. 3:
Diagramm zur
Bestimmung des
Winkels β .



Die Abweichung der von mir bestimmten Periode zu der bislang international angenommenen beträgt $+0^{\circ}0000458$, entsprechend $+4,0$ Sekunden.

Eine Beispielrechnung mag noch kurz eine Möglichkeit der Bestimmung der genäherten Dimensionen des Planeten Eros zeigen.

Am 23. 12. 74 wurden die Extrema des Eros-Lichtwechsels zu $8^{\text{m}}5$ für das Maximum und zu $9^{\text{m}}4$ für das Minimum beobachtet.

23. 12. 74	$m_{\text{max}} = 8^{\text{m}}5$	$\Delta = 1,158 \text{ AE}$	(Erdentfernung)
	$m_{\text{min}} = 9^{\text{m}}4$	$r = 0,210 \text{ AE}$	(Sonnenentfernung)
		$\beta = 30^{\circ}$	(Phasenwinkel)

Phasenkoeffizient von Eros (α) = $0^{\text{m}}036 \text{ grad}^{-1}$

B-V = $0^{\text{m}}92$

Die beobachteten Helligkeiten werden jetzt so korrigiert, als ob sich der Planetoid im Augenblick der Beobachtung in 1 AE Erd- und Sonnenentfernung befunden habe.

$$g = m_{(\text{beob.})} - 5 \lg \Delta r - \alpha (\beta)$$

$$g_{\text{max}} = 10^{\text{m}}5, g_{\text{min}} = 11^{\text{m}}4 = \text{vis. Helligkeiten}$$

Indem wir zu diesen Helligkeiten den B-V-Wert addieren, erhalten wir die Blauhelligkeiten: $g_{\text{max}} = 11^{\text{m}}4, g_{\text{min}} = 12^{\text{m}}3$.

Mit diesen Blauhelligkeiten kann nun unmittelbar in die Beziehung von Combes zur Bestimmung der Dimension eingepaßt werden.

$$\lg d = 3592 - 0,2 g \text{ (blau)}$$

Wir erhalten für $d_{\max} = 20,5$ km und für $d_{\min} = 17,1$ km.

($\lg d$ entspricht dem Logarithmus des Durchmessers in km).

Die Abplattung würde demnach 1 : 1,52 betragen. Es gilt natürlich zu bedenken, daß es sich nicht um die absolut maximalen bzw. minimalen Durchmesser von Eros handelt, vielmehr handelt es sich um die im Augenblick der Beobachtung durch die Neigung der Rotationsachse gegen unsere Visierlinie projizierten maximalen bzw. minimalen Durchmesser.

Spektralbeobachtungen

Unter Verwendung einfachster Mittel sollte versucht werden, über die spektrale Intensitätsverteilung im Eros-Licht Ergebnisse zu erhalten. So realisierte ich für die Beobachtung mit dem Auge als Strahlungsempfänger unter Verwendung von Filtern zwei Spektralbereiche, welche ich hier mit b und v bezeichnen möchte. Diese Bereiche weisen größere Unterschiede zu den standardisierten Bereichen B und V des internationalen UBV-Systems auf. Die Bereiche b und v schließen den Spektralbereich vis ein, in dem ohne Filter gearbeitet wurde. Dazu einige charakteristische Daten:

Bereich	vis	b	v
verw. Filter	—	BG 12/2	OG 05/2
effekt. Wellenlänge (Å)	5140	4620	5510
Begrenzung d. Bereiche (Å)	3900—6300	3900—5200	5100—6300

Nur wenn Helligkeits- und entfernungsmaßig günstige Vergleichssterne vorhanden waren, wurde mit Filtern geschätzt. So konnte ich an drei Abenden je eine Meßreihe gewinnen. Zunächst stellte ich fest, daß bei den Helligkeitsschätzungen mit Filter die mittlere Ungenauigkeit um den Faktor 2 anstieg. Eine Abhängigkeit der Färbung von der Rotationsphase konnte mit diesen Beobachtungen nicht nachgewiesen werden. Leider kann ich an dieser Stelle kein konkretes Zahlenmaterial vorlegen, da es mir bislang nicht möglich war, für die verwendeten Vergleichssterne gute visuelle Helligkeiten bzw. UBV-Werte zu erhalten. Es ist nur möglich, anhand der Beobachtungen die Annahme zu vertreten, daß das Strahlungsmaximum im gelben bis orangen Bereich liegt.

Wie ich bei der Beobachtung veränderlicher Sterne in diesem von mir geschaffenen Farbsystem feststellte, stimmten meine b-v-Werte mäßig gut mit gemessenen B-V-Werten überein. Hier fand ich einen mittleren Fehler um $\pm 0^m.2$. Durch Verwendung geeigneter Filterkombinationen sollte es möglich sein, diesen Fehler weiter zu senken.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß relativ zu dem zeitlichen und instrumentellen Aufwand doch recht brauchbare und interessante Ergebnisse erhalten wurden.

Leider konnte nur eine Teilauswertung des vorhandenen Materials vorgenommen werden, da der Aufwand bei Helligkeitsschätzungen an Planetoiden und ihrer Auswertung sehr groß ist. Durch Anwendung eines einfachen visuellen Photometers könnte hier weitaus effektiver und auch genauer gearbeitet werden.

Literatur:

- [1] Dunlap, L. *Astronomy* (1974), S. 52—57.
- [2] Zellner, B.; Gehrels, T.; Gradle, J. (1974), *Astron. J.* 79, S. 1100—1110.
- [3] Gunter, J. U. (1974), *Tonights Asteroids*, 20, *Tonights Asteroids* 21.
- [4] Ahnert, P. Leipzig (1974), *Kleine praktische Astronomie*.
- [5] Hoffmeister, C. Leipzig (1970), *Veränderliche Sterne*.
- [6] *Sky and Telescope*, (1975), 49, S. 331—332.
- [7] Meens, J. *Sky and Telescope*, (1974), 48, S. 221—223.
- [8] *Sky and Telescope*, (1975), 49, S. 9.
- [9] Gehrels, T. (1970) *Surfaces and Interiors of Planets and Satellites*, Academic Press London.
- [10] Gehrels, T. (1971) *Physical Studies of Minor Planets*, NASA Publikation SP-267.
- [11] Marsden, B. (1974) *IAU Circular* 2708.
- [12] Ahnert, P. *Kalender für Sternfreunde* 1975.
- [13] Roth, G. D. (1962) *The System of Minor Planets*, London.
- [14] Sigel, F. Moskau (1969) *Kleine Planeten*.

Tagesbeobachtung von Gestirnen

Die gelegentlich in älterer Literatur immer wiederkehrenden Berichte von Tag-Beobachtungen heller Gestirne (Fixsterne, helle Planeten) regten den Verfasser an, diese Beobachtungsmöglichkeit einmal selbst zu überprüfen. Beobachtet wurden die in unseren Breiten drei hellsten Gestirne.

Beobachtungsobjekt	Helligkeit
Venus	— 4,0 (mittl. Elongationshelligkeit)
Jupiter	— 2,2 (mittl. Elongationshelligkeit)
Sirius	— 1,43

Alle drei Objekte wurden mit bloßem Auge und mit einem Zeiss-Feldstecher versucht aufzufinden. Die Tabelle gibt die gelungenen Beobachtungen wieder:

Datum	Zeit	Objekt	Beobachtungsbemerkungen
30. 12. 1973	14.00	Venus	Beobachtung im Feldstecher, die etwa 50" große Sichel ist deutlich am blauen Himmelshintergrund zu erkennen
5. 1. 1974	13.00	Venus	Beobachtung der rauchigen Sichel im Feldstecher
10. 2. 1974	11.30	Venus	Abstand von der Sonne betrug etwa 29°
9. 4. 1974	9.00	Venus	Im Feldstecher keine Phase beobachtbar (Durchmesser etwa 23")
13. 4. 1974	9.00	Venus, Jupiter	Beide Gestirne sind am blauen Himmel im Feldstecher zu sehen. Jupiter erscheint als blasses Scheibchen
14. 4. 1974	9.00	Venus, Jupiter	Sonnenuntergang etwa 18.54 Uhr; ist als weiß funkelnder Punkt am blauen Abendhimmel zu sehen
	18.00	Sirius	

Als Ergebnis dieser Beobachtungen konnte ich folgende Schlußfolgerungen für die Beobachtung von Gestirnen am Tageshimmel ziehen:

1. Es erweist sich als günstig, die entsprechenden Objekte zur Zeit ihrer Kulmination aufzusuchen, wenn man — wie der Verfasser — kein Stativ benutzt.
2. Günstig für das Aufsuchen wirken sich Gebäude aus, die in Südrichtung stehen. Man hat damit eine gewisse feststehende Orientierung beim Absuchen der südlichen Richtung.
3. Es ist am günstigsten, wie in „Himmelbeobachtungen mit dem Feldstecher“ von Rudolf Brandt beschrieben, die entsprechende Himmelsgegend streifenweise abzusuchen.
4. Besonders wichtig ist eine sehr exakte Scharfeinstellung des Feldstechers (Einstellen am evtl. sichtbaren Mond oder an weit entfernten irdischen Objekten).
5. Für Beobachtungen mit bloßem Auge ist nach Erfahrung des Verfassers nur die Venus geeignet, die auch dann nur in ihrer größten Helligkeit mit völlig fehlerfreiem Auge zu erkennen ist. (Durch Hinzuziehen verschiedener Beobachter konnte ich feststellen, daß selbst bei einem Augenfehler, der das Tragen einer Brille von 0,5 Dioptrien notwendig macht, die entsprechende Person ohne optische Hilfsmittel die Venus nicht erkennen konnte.

MANFRED SCHRÖTTER

Kurzberichte

9. Treffen der Amateurastronomen in der VR Ungarn

Unter der Schirmherrschaft der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse (Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, TIT) treffen sich alle zwei Jahre die Amateurastronomen der Volksrepublik Ungarn. Das 9. Treffen fand vom 6. bis 8. August 1976 in der unweit des Balaton gelegenen Stadt Veszprém statt. 300 Besucher aus Ungarn sowie Gäste aus der CSSR, der SFR Jugoslawien, der SR Rumänien, der UdSSR, der DDR und der BRD nahmen teil. Die Tagung wurde von dem verdienstvollen Nestor der ungarischen Amateurastronomie, Dr. G. Kulín, geleitet.

Dr. Kulín gab einen Überblick über die Entwicklung und den Stand der Amateurastronomie in Ungarn. Die Statistik zeigt eine stetige Zunahme, die Mitgliederzahl hat seit der 8. Tagung vor zwei Jahren in Ozd um mehr als 2000 zugenommen und jetzt 12500 erreicht. Der Anteil der jugendlichen Sternfreunde liegt bei etwa zwei Drittel. Eine Schätzung ergab, daß insgesamt rund 20000 Fernrohre ab 40-mm-Objektivöffnung aufwärts vorhanden sind. Über das ganze Land verteilen sich 130 Fachgruppen. Dies alles ist um so beachtenswerter, da von einer Breitenarbeit im Lande erst seit dem Beginn der 60er Jahre gesprochen werden kann.

Die Vorträge fanden im Hörsaal der Universität statt. Sie umfaßten u. a. folgende Themen: Probleme der Himmelsmechanik, veränderliche Sterne und das VIKING-Programm. Ein starkes Echo fand der viele philosophische Gedanken enthaltende Vortrag von Dr. Kulín über „Natur und menschliche Vernunft“. Ein halber Tag war für den Erfahrungsaustausch in kleineren Gruppen vorgesehen.

Eine sehr ansprechende Ausstellung informierte über die Tätigkeit der ungarischen Amateurastronomen und zeigte selbstgebaute astronomische Instrumente und Modelle sowie zahlreiche Astrofotografien. Die freie Zeit bot reichlich Gelegenheit für den zwanglosen Gedanken- und Erfahrungsaustausch der in- und ausländischen Freunde der Astronomie.

1978 wird die Hauptstadt des Landes Gastgeber für die 10. Tagung sein.

AZ

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“

Am 22. Mai 1976 trafen sich die Veränderlichenbeobachter in der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha zur 3. Auswertung ihrer Beobachtungsergebnisse (Zeitraum Mai 1975 bis April 1976). Die Zahl der Beobachtungen und die der Ergebnisse ist weiter angestiegen. Um noch mehr Zeit für Informationen zu gewinnen, wurde eine vereinfachte Meldeweise der Beobachtungen vorgeschlagen und ein weiteres Mitglied in die Zentrale des Arbeitskreises gewählt.

(D. Böhme, Nessa). Die Zentrale orientierte wiederum auf effektivere Beobachtungsprogramme. Es sollen weniger Sterne öfter beobachtet werden. Neue Programmsterne wurden nicht vorgeschlagen, da die letzten Programme (kurzperiodische Veränderliche, die vernachlässigt wurden und ultrakurze Veränderliche) noch genügend Beobachtungen verlangen.

Einen Aufschwung in der Beobachtungstätigkeit brachte die helle Nova Cygni 1975. Die Ergebnisse wurden, soweit sie rechtzeitig vorlagen, einer internationalen Auswertung in Moskau zur Verfügung gestellt. Die anderen Ergebnisse wurden, wie üblich, in den „Mitteilungen über veränderliche Sterne“ Sonneberg, den „Mitteilungen der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha“ und dem „Informationsbulletin der Komm. 27 der I. A. U.“ Budapest veröffentlicht.

Insgesamt wurden von 19 Beobachtern an 253 Sternen 20948 Beobachtungen erhalten: 18768 Einzelbeob. an kurzperiod. Veränd. ergaben 979 Min. bzw. Maxima, 281 Einzelbeob. an Mirasternen ergaben 10 Maximazeiten, 1638 Einzelbeobachtungen an halb- und unperiod. Veränderlichen und 261 Einzelbeobachtungen an Novae.

Anschließend an diese Veranstaltung tagte die Arbeitsgruppe „Systemkonstanten von Bed. Veränd.“ und schätzte den Stand der Vorbereitungsarbeiten ein. Es ist zu hoffen, daß 1977 die ersten Ergebnisse vorliegen können.

HELMUT BUSCH
Leiter des Arbeitskreises

Aus der Literatur

Wird uns die Kosmologie neue Erkenntnisse bringen?

Die Entwicklung der Wissenschaft verläuft selten gleichmäßig und geradlinig. Perioden der Sammlung von Fakten werden durch die Entwicklung von Konzeptionen und Meinungen abgelöst. „Sternstunden“ und „verhängnisvolle Minuten“ sind unvermeidlich und fruchtbringend. Die Zellen von Tjutschew „Glücklich, wer diese Welt in ihren entscheidenden Augenblicken erlebt“ scheinen heute für die Astronomie geschrieben zu sein, denn hier folgt eine Entdeckung der anderen.

Bahnbrechende siebziger Jahre

Die Erforschung des Weltalls als Ganzes ist Gegenstand der Kosmologie. Dieser Bereich der astronomischen Wissenschaft entwickelte sich langsamer als die Stellarastronomie. Dennoch kann man voller Überzeugung sagen, daß die siebziger Jahre auch hier bahnbrechend sind.

Das Sonnensystem und die uns umgebenden Sterne bilden die Galaxis. Der erste Schritt der Kosmologie bestand in der Entdeckung von Galaxien, die unserer ähnlich, sowie in der Erkenntnis dessen, daß der unendliche Weltraum von ihnen angefüllt ist. Die durchschnittliche Dichte der Galaxien ist überall gleich, das Weltall ist homogen.

Der nächste große Schritt in der Kosmologie hing dann mit der Frage nach der Evolution des Weltalls zusammen. Theoretische Betrachtungen, die dazu führten, die Vorstellungen vom homogenen Weltall, in dem nur die Schwerkraft wirken, aufzugeben, zeigten, daß Ruhe und Gleichgewicht unmöglich sind. Alexander Friedman entdeckte zu Beginn der 20er Jahre im hungernden Petrograd das Gesetz von der Ausdehnung des Weltalls. Der Amerikaner Edwin Hubble bestätigte, daß sich die Galaxien voneinander entfernen, nachdem er deren Spektren untersucht hatte.

Vor rund zehn Jahren wurde Radiostrahlung im Wellenlängenbereich von einem Millimeter bis 50 Zentimeter entdeckt, deren Intensität um ein Vielfaches höher lag, als sie von einzelnen bekannten Quellen (Sterne, Galaxien usw.) zu erwarten war. Die nähere Untersuchung dieser Strahlung bestätigt das Bild, das als „heißes Weltall“ bezeichnet wird.

Das Stadium, das der Ausdehnung vorangeht, wird nicht untersucht. Zu Beginn der Ausdehnung ist die Dichte ebenso wie die Geschwindigkeit sehr groß. Die stoffliche Dichte verringert sich rasch. Eine Sekunde nach Beginn der Ausdehnung betrug die Dichte eine halbe Tonne pro Kubikzentimeter und die Temperatur 10 Milliarden Grad. Die Kernreaktionen in diesem Stadium führen zur Bildung von Helium, ein großer Teil der Materie bleibt jedoch als Wasserstoff zurück, schwerere Elemente (wie zum Beispiel Kohlenstoff) fehlten. Viel später, als die Temperatur unter 4000 Grad gesunken war, bildeten sich andere Atome, Galaxien entstanden und noch später Sterne.

Experimentelle Beobachtungen widerlegen nicht diese Konzeption. Somit hat eine bestimmte wichtige Etappe des Erkennens des Weltalls endgültige Form angenommen. Was erwarten wir von der weiteren Entwicklung der Kosmologie? Wird die Theorie vom heißen Weltall widerlegt und durch eine neue ersetzt?

Schon lange entstand in der Physik eine andere Methode der Erkenntnisaufbereitung: Die neue Theorie verallgemeinert die alte, schafft sie aber nicht ab, sondern stellt sie begrenzt richtig. Ohne Anspruch darauf zu erheben, über die ganze Wahrheit zu verfügen, sind wir im 20. Jahrhundert zu der Überzeugung gelangt, daß es einen Teil der Wahrheit gibt, der für immer bestehen bleibt.

Ich bin fest davon überzeugt, daß dazu die Theorie des heißen Weltalls gehört.

Ist dieser Standpunkt etwa Anlaß zum Stillstand? Nein, und nochmals nein. Vor uns liegen große Perspektiven schwieriger, aber interessanter Forschungen. Die Theorie des heißen Weltalls ist nur ein Ausgangspunkt, nur das Fundament, nicht aber das ganze Gebäude der Kosmologie.

Forschung wird in zwei Richtungen verlaufen

Man kann zwei Richtungen der weiteren Forschung absehen. Eine, die traditionelle Richtung, untersucht die späteren Entwicklungsstadien, besonders den Zerfall des homogenen Gases in einzelne zusammengepreßte Wolken. Sie werden ihrerseits zu Galaxien- und Sternengruppen. Das Institut für angewandte Mathematik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR beschleunigte die theoretischen Untersuchungen des Prozesses und klärte interessante qualitative Besonderheiten. Die dichten Gaswolken, die noch nicht zu Sternen geworden sind, wird man eventuell durch Radiostrahlung feststellen können. Die größte Schwierigkeit bilden Störungen, die mit den Fernseh- und Rundfunkübertragungen zusammenhängen. Viele Radioastronomen schlagen vor, eine Apparatur auf der Rückseite des Mondes aufzustellen. Vielleicht ist es für die Internationale Astronomische Union leichter, mit Hilfe der Vereinten Nationen innerhalb von 24 Stunden einige Minuten Funkstille zu erreichen, ähnlich wie bei der Sperrung der Frequenzen für die Sendung des Notsignals „SOS“?

Im Prinzip ist es möglich, das Wachstum der Galaxien und die Zeitspanne zwischen der Kompression der Gaswolken und ihrer Umwandlung in eine Sternenssoziation zu bestimmen. Wertvolle Angaben über die Bewegung des ionisierten Gases in einem früheren Stadium liefert die detaillierte Untersuchung der Kurzwellenstrahlung. Erste Ergebnisse zeugen davon, daß die Abweichungen von der geregelten Ausdehnung gering sind. Die Welt war eine Million Jahre nach Beginn der Ausdehnung vor 15–20 Milliarden Jahren besonders homogen. Die neuere Richtung in der Kosmologie erforscht die Anfänge der Ausdehnung. Die prinzipielle Frage besteht darin, ob die Homogenität des Weltalls bereits zu diesem unvorstellbar fernen Zeitpunkt vorhanden war. Vielleicht erfolgte bei einer so großen Dichte und Temperatur die Ausdehnung im Anfangsstadium auf verschiedene Weise in verschiedene Richtungen und in verschiedene Bereiche?

Die allgemeinste Lösung der Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie (sie wurde von den Schülern L. D. Landau gefunden) deutet gerade auf einen derartig chaotischen Charakter.

Warum ist aber die uns heute umgebende Welt einem homogenen und keineswegs einem chaotischen Bild so ähnlich? Gibt es solche physikalischen Prozesse, die unvermeidlich gerade zu einem homogenen Aufbau der Welt führen?

Unter der Zielstellung, derartige Prozesse aufzufinden, werden die tiefgründigsten Forschungen der jüngsten Zeit vorgenommen. Diese Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, einzelne bereits vorhandene Ergebnisse sind jedoch sehr interessant. Relativ leicht läßt sich die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Ausdehnung von der Richtung erklären. Eine ungleichmäßige Ausdehnung wird, wie sich herausstellte, durch die Viskosität des Plasmas verhindert.

In den frühesten Ausdehnungsstadien bildet sich bei der Entstehung der Teilchen die „Viskosität“ heraus. Bei ungleichmäßiger Ausdehnung entstehen Photonen, Elektron-Positron-Paare und andere Teilchen. Sie entnehmen ihre Energie der Energie der Ausdehnung und gleichen ihrerseits die Geschwindigkeit der Ausdehnung in die verschiedenen Richtungen aus. Man kann sagen, daß die Teilchen im Gravitationsfeld des Weltalls entstehen.

Das Chaos hat sich verringert, aber es ist durchaus nicht verschwunden! Die Möglichkeit der Ungleichartigkeit der Dichte besteht weiter. Gebiete mit einer bedeutend vergrößerten Dichte können im Prinzip die anfängliche Ausdehnung früh durch Verdichtung ablösen und zur Bildung von sogenannten schwarzen Löchern führen. Das sind Körper mit einer enormen Dichte.

Die moderne Theorie unterscheidet zwei Arten von schwarzen Löchern. Die Evolution der Sterne führt unvermeidlich zur Bildung von schweren schwarzen Löchern, die um ein Vielfaches schwerer sind als die Sonne. Ein Beispiel für einen solchen Körper ist mit einem hohen Zuverlässigkeitsgrad die Röntgenquelle im Sternbild Schwan.

Andererseits kann das frühe Evolutionsstadium des Weltalls zur Bildung von schwarzen Löchern einer beliebigen Masse führen. Diese kann sogar überaus gering sein und weniger als ein Gramm betragen. Das ist auf die große Dichte der Materie im frühen Stadium zurückzuführen. Aber das ist nur dann der Fall, wenn der chaotische Zustand und die Unterschiede der Dichte groß genug sind. Die Frage der schwarzen Löcher stellten wir erstmals im Jahre 1966. Es schien, daß sie entweder zunehmen, indem sie Materie an sich reißen, oder im äußersten Falle unveränderlich bleiben.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist erfolgversprechend

Fortschritte in der Theorie von der Entstehung der Teilchen durch das Gravitationsfeld hatten den Sachverhalt jedoch radikal verändert. Der Engländer Hawking bewies 1974, daß das Schwarze Loch der Teilchen entstehen läßt und hierbei das schwarze Loch an sich aus unserer Sicht verdampt und verschwindet. Je kleiner das schwarze Loch ist, desto heller leuchtet es und desto schneller löst es sich auf.

Vielleicht beenden die schwarzen Löcher, die vor 20 Milliarden Jahren mit einer Masse von einer Milliarde Tonnen (relativ kleine Sternenslöcher) entstanden sind, gerade jetzt ihren Zustand, leuchten vor dem Ende ihrer Existenz besonders hell auf und geben Röntgenstrahlung sowie die Teilchen ab, die zur harten kosmischen Strahlung gehören? Indirekten Beweisen zufolge gibt es nur einige derartige schwarze Löcher oder gar keine. Aber vielleicht haben sich schwarze Löcher mit einer geringen Masse (von einer Tonne oder einem Gramm) im frühen Stadium zahlreich gebildet, und konnten ihre Existenz beenden, ohne eine sichtbare Spur zu hinterlassen, außer ihrem Beitrag zur Energie der Radiostrahlung aus dem kosmischen intergalaktischen Raum?

Die optische und die Radioastronomie sowie die Röntgenastronomie haben mit Hilfe von Raketen und Satelliten Ergebnisse von großer Bedeutung erbracht. Diese Forschungen müssen zielgerichtet weiterentwickelt werden. Wir dürfen uns aber nicht darauf beschränken.

Mitunter wird man mit der Meinung konfrontiert, daß die Probleme der beginnenden Ausdehnung nicht zur wirklichen Astronomie gehören, daß die Astronomie streng auf Beobachtungen und direkte sichtbare Schlußfolgerungen begrenzt bleiben muß.

Unterschiedliche Meinungen dieser Art gab es auch früher. Die Geschichte der Wissenschaft zeigt jedoch überzeugend, daß die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen sehr nutzbringend ist.

Ich möchte nur auf die bedeutungsvollen Worte von Akademietitglied A. N. Nesmejanow hinweisen, die er als Präsident der Akademie der Wissenschaften der UdSSR äußerte: „Die Wachstumspunkte der Wissenschaft befinden sich in der Regel an der Nahtstelle verschiedener Disziplinen.“

Akademietitglied J. Seldowitsch

Iswestija, 29. 5. 76, nach PDSU 32/76

Neun sozialistische Länder forschen gemeinsam im All

Ein Abkommen über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des kosmischen Raumes zu friedlichen Zwecken ist in Moskau von Vertretern der Regierungen der Volksrepublik Bulgarien, der Ungarischen Volksrepublik, der Deutschen Demokratischen Republik, der Republik Kuba, der Mongolischen Volksrepublik, der Volksrepublik Polen, der Sozialistischen Republik Rumänien, der Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken und der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik unterzeichnet worden.

In dem Dokument wird das Bestreben der Abkommenspartner unterstrichen, die bei gemeinsamen Arbeiten auf diesem Gebiet gesammelten Erfahrungen zu erweitern. Insbesondere beim Studium der physikalischen Eigenschaften des kosmischen Raumes, in der kosmischen Meteorologie, Biologie und Medizin, hinsichtlich der kosmischen Verbindungen und der Erforschung der Natur soll die Kooperation weiterentwickelt und gefördert werden. Die Zusammenarbeit in diesen Hauptrichtungen wird in Form von Raumstarts mit wissenschaftlicher und praktischer Aufgabenstellung, von gemeinsam geschaffenen Apparaturen für die Kosmosforschung und von Experimenten mit geophysikalischen und meteorologischen Raketen sein.

Vorgesehen ist auch gegenseitige wissenschaftlich-technische Hilfe sowie Austausch von wissenschaftlich-technischen Dokumenten und Informationen.

Verwirklicht werden die kosmischen Forschungen und Experimente von den interessierten Organisationen der Teilnehmerländer auf der Grundlage vereinbarter Programme und Pläne der ständigen Arbeitsgruppen. Das von den jeweiligen Akademiepräsidenten signierte Dokument sieht ferner vor, daß die Leiter der nationalen Koordinierungsorgane in den Teilnehmerländern des Kosmos-Abkommens jährlich zusammentreffen, um weitere Vereinbarungen und Empfehlungen anzunehmen sowie organisatorische Fragen der Arbeit, einschließlich der Tätigkeit der Arbeitsgruppen, zu erörtern.

Forschungen zu philosophischen Problemen der modernen Astronomie in der UdSSR

In den letzten Jahren wurden die Forschungen zu philosophischen Problemen der modernen Astronomie deutlich verstärkt. Diesen Problemen waren neben dem Buch von W. A. Ambarzumjan „Philosophische Fragen der Wissenschaft vom Weltall“ (Jerewan 1973) eine Reihe Artikel desselben Autors sowie von W. W. Kasjutinski, W. L. Ginsburg, I. S. Schlikowski, A. L. Selmanow, A. S. Karmin, E. M. Tschudinow, A. T. Tursunow und anderen gewidmet. Viele erkenntnistheoretische Probleme der Astronomie wurden in dem von W. A. Ambarzumjan herausgegebenen Buch „Probleme der modernen Kosmologie“ sowie in der Monographie von J. B. Seldowitsch und I. D. Nowikow „Aufbau und Evolution des Weltalls“ (Moskau 1975) und in Artikeln dieser Autoren betrachtet.

In den letzten Jahren wird immer häufiger der Standpunkt vertreten, daß in der gegenwärtigen Astronomie eine Revolution vor sich geht; jedoch bestehen Meinungsverschiedenheiten über ihr Wesen. Einige Autoren sehen diese Revolution nur in der Einführung qualitativ neuer Methoden der Erforschung des Weltalls, andere in der Entdeckung prinzipiell neuer Erscheinungen im Weltall und dritte schließlich in einer mit den neuen Methoden und Entdeckungen zusammenhängenden tiefgehenden Veränderung des Systems der Kenntnisse über das Weltall sowie auch der methodologischen Grundlagen der Astronomie.

Im Zusammenhang damit haben sich lebhaft Diskussionen über die effektivsten Wege, Prinzipien und Methoden für die Erforschung des Weltalls entwickelt und werden die Wechselbeziehungen von empirischen und theoretischen Voraussetzungen sowie die Rolle von Modellen bei der Synthese neuen Wissens über das Weltall analysiert. Beispielsweise wurde die Frage erörtert, unter welchen Bedingungen in der Astronomie ein hypothetisch-deduktiver Theorieaufbau effektiv ist und unter welchen Bedingungen die sukzessive Verallgemeinerung empirischer Daten bevorzugt werden sollte. Die detaillierte Analyse fundamentaler Begriffe der Astronomie wie z. B. „Evolution“, „Unendlichkeit“ und „Weltall“ wurde mit der Kritik verschiedener idealistischer Interpretationen der modernen Astronomie verbunden. Das gilt insbesondere für folgende Arbeiten: W. W. Kasjutinski, „Weltall, Astronomie, Philosophie“ (Moskau 1975); W. P. Lewitan, „Mensch und Weltall“ (Moskau 1973); S. T. Meljuchin, „Die Unendlichkeit der materiellen Welt“ (Moskau 1973); A. Tursunow, „Vom Mythos zur Wissenschaft“ (Moskau 1973).

Zu den allgemeinwissenschaftlichen Problemen, die in den letzten Jahren in den Vordergrund rückten, gehört das Problem der möglichen Existenz außerirdischer Zivilisationen und der Herstellung von Kontakten mit ihnen. Diese Probleme wurden auf der ersten sowjetisch-amerikanischen Konferenz im astrophysikalischen Observatorium von Bjurakan (1971) erörtert.

Ein anderes wichtiges komplexes Problem ist die wissenschaftliche und volkswirtschaftliche Erschließung des Kosmos — eine Aufgabe, die auf dem XXIV. Parteitag der KPdSU gestellt wurde.

Von den Veröffentlichungen zu philosophischen Problemen der Kosmonautik seien genannt: W. I. Sewastjanow und A. D. Ursul, „Die Kosmosra: Gesellschaft und Natur“ (Moskau 1972); A. D. Ursul und J. A. Schkolenko, „Mensch und Kosmos“ (Moskau 1976).

Ein bedeutender Beitrag wurde zur Untersuchung des sogenannten Kosmisierungsprozesses von Wissenschaft, Technik und Produktion und der Perspektiven der menschlichen Aktivitäten im Kosmos geleistet. Der Auseinandersetzung mit Ansichten bürgerlicher Ideologen zur Kosmonautik wurde große Aufmerksamkeit geschenkt; die kritische Analyse galt insbesondere technizistischen und abstrakt-humanistischen Konzeptionen und auch den idealistischen Varianten der „kosmischen Philosophie“.

Forschungen zu philosophischen Fragen der Naturwissenschaften (Auszug) aus „Sowjetwissenschaft-Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge“ 7/76.

Leninpreis für Kosmische Physik

Großartige Erfolge wurden in der kosmischen Physik erzielt. Ein von A. N. Tscharachtschan geleitetes Kollektiv führte in der Stratosphäre Untersuchungen zu den Eruptionen kosmischer Strahlung auf der Sonne sowie zu den Prozessen der solaren Modulation galaktischer kosmischer Strahlung durch, für die ihm nunmehr der Leninpreis zuerkannt wurde. Durch langjährige Messungen sammelte das Kollektiv wertvolle Angaben über zeitweilige, in einem großen Energiebereich liegende Veränderungen der Intensität der kosmischen Strahlung. Durch die Analyse dieser Daten vermochten es die Wissenschaftler, neue Erscheinungen zu ermitteln, wichtige Charakteristika des kosmischen Raums zu bestimmen und neue Informationen über die sich auf der Sonne vollziehenden Prozesse zu gewinnen, die zu dem sogenannten Sonnenwind führen. Durch Beobachtungen der Einwirkung des Sonnenplasmas auf die galaktische kosmische Strahlung stellten sie fest, daß die Intensität der galaktischen kosmischen Strahlung im sonnennahen Raum eng mit der Sonnenaktivität verbunden ist. Im Zyklus der Veränderung der kosmischen Strahlungsintensität, der sich über 11 Jahre erstreckt, wurden erstmals Anomalien festgestellt. Die von dem erwähnten Kollektiv vorgenommenen Forschungen sind nicht nur für die Wissenschaft von Bedeutung, sondern auch für die Praxis, insbesondere für die Kontrolle der Strahlung im Weltraum und die Erarbeitung von Methoden zur Prognostizierung des Funkverkehrs.

Akademienmitglied M. Keldysch, Vorsitzender des Komitees für die Verteilung von Lenin- und Staatspreisen der UdSSR in Wissenschaft und Technik, nach PdSU (Auszug) 21/76.

Vom Teleskop „Orion 2“ entdeckt

Zum ersten Mal in der Geschichte der Astronomie konnte das Spektrogramm eines planetarischen Nebels, eines riesigen Gasgebildes, in dessen Zentrum ein Stern von hoher Temperatur steht, gewonnen und ein unbekannter, von siliziumhaltiger Gashölle umringter Stern fotografiert werden. Um Capella, den hellsten Stern im Sternbild Auriga (Fuhrmann), wurde

mit Hilfe des Teleskops „Orion-2“ an Bord des sowjetischen Raumschiffes SOJUS 13 (1973-103A) eine Gruppe von mehreren Dutzend heißen Sternen mit außerordentlich geringer Helligkeit entdeckt. Wissenschaftler nehmen an, es in diesem Fall mit einer Sternassoziation neuen Typs zu tun zu haben.

Flieger-Revue 5/76

Uranus sendet Radiosignale

Radiosignale sind von amerikanischen Wissenschaftlern vom Planeten Uranus empfangen worden. Damit ist der Uranus neben der Erde, dem Jupiter und dem Saturn der vierte Planet unseres Sonnensystems, der Radiosignale aussendet. Die Wissenschaftler des Weltraumflugzentrums der amerikanischen Weltraumbehörde NASA, des „Goddard space flight center“, konnten bei der Auswertung von Meßwerten, die ein Satellit über den Zeitraum von 500 Tagen lieferte, feststellen, daß sechs Radioimpulse vom Planeten Uranus kamen. Ihre Dauer betrug weniger als drei Minuten.

BZ 11./12. 9. 76

Mit dem Mikrofon auf Meteorjagd

Für viele wird es überraschend sein zu hören, daß man Meteore nicht nur visuell oder mit Radar beobachten bzw. registrieren kann, sondern jetzt auch mittels Infrarot-Mikrofone. Über diesen neuesten „Schlager“ auf diesem Gebiet referierten in einer Mitteilung der Zeitschrift „Science“ (1974, 185, 4152, 707-709) William L. Donn und Nambath K. Elachandran. Im geologischen Observatorium der kolumbianischen Universität in Lamont-Doherty wurden in Abständen von etwa 10 Metern drei Mikrofone installiert, die im Infrarotbereich von 0,1 bis 10 Hz arbeiteten. Aus der zeitlichen Verschiebung der registrierten Schallwellen der einzelnen Mikrofone ist es möglich, Azimut und Höhe der Geräuschquelle zu bestimmen. Das dreifache Oszillogramm kennzeichnet also die Bahn des Körpers am Himmel. Nach dem Charakter der Bahnen und der unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeit läßt es sich entscheiden, ob es sich um Meteore handelt. Für die endgültige Bestätigung dieser Vermutung ist es jedoch erforderlich, die Beobachtungen in zwei Stationen durchzuführen, um die Bewegungen der Geräuschquellen erfassen zu können. Vom Vorteil dieser Beobachtungsart zeugt auch die Tatsache, daß die Veränderung der stündlichen Häufigkeit der Meteore angezeigt wird.

Nach: RISE HVEZD 1976, Nr. 1.

Grabenbruch auf der Venus bestätigt

Radarstrahlen, mit denen die Oberfläche der Venus abgetastet wurde, ließen tektonische und vulkanische Aktivitäten auf dem Planeten erkennen. Die Beobachtungen waren mit dem 330-m-Radioteleskop in Arecibo auf Puerto Rico und einer Anlage in Goldstone (USA) im Januar 1974 und im August 1975 vorgenommen worden. Dabei wurde ein Grabenbruch entdeckt, der sich auf 1500 km Länge von Nordost nach Südwest quer über den Venusäquator erstreckt. Er wird – wie die Zeitschrift „Science“ (Band 194, S. 454) berichtet – als Folge von Krustenbewegungen gedeutet, ähnlich wie man sie auf der Erde vom Ostafrikanischen Bruchgraben her kennt.

Die neuerliche Radarbeobachtung ergänzt die bereits im Jahre 1966 vorgenommenen Messungen. Damals hatten Astronomen des California Institute of Technology einen Gebirgszug entdeckt, dem sie den Namen Alpha gaben und der über 4000 km in Nord-Südrichtung verläuft.

Sechs Jahre später, im Jahre 1972, funkte die sowjetische Sonde Venus 8, die in die Venusatmosphäre eingedrungen war, Daten zur Erde, aus denen u. a. auf eine äußerst aktive Vulkantätigkeit geschlossen werden konnte. Im engen Zusammenhang damit dürften auch ausgedehnte tektonische Prozesse stehen, die zu Grabenbrüchen und Gebirgsbildungen geführt haben könnten.

Über andere Oberflächengestalten herrschen zwischen den Beobachtern unterschiedliche Auffassungen. Während die Wissenschaftler aus Arecibo weitere Vertiefungen als den einhellig bestimmten Bruchgraben für Einschlagskrater halten, entstanden durch niedergegangene Meteoriten, deuten die Beobachter in Goldstone die gleichen Oberflächenformen als Folgeerscheinungen tektonischer Prozesse. Im allgemeinen herrscht jedoch die Auffassung vor, daß Meteore in der dichten Venusatmosphäre – etwa einhundertmal dichter als die der Erde – weitgehend zerrieben würden. Kleinere Meteorite könnten keine großen Krater verursachen. Zum anderen würden die Krater auf Grund der atmosphärischen Verhältnisse schnell wieder eingeebnet.

ND 7./8. 8. 76

Neuer Spiegel für die Karte der Röntgenstrahlenquellen des Himmels

Das am weitesten entwickelte Instrument, das bisher für die Anfertigung von Himmelskarten für Röntgenstrahlenquellen geschaffen worden ist, wurde im April 1976 mit einer Skylark-Rakete von Woomera (Australien) in den Himmel geschickt. Das Instrument wurde durch das Mullard Himmelslaboratorium der Universität London, das jetzt ihr 10jähriges Bestehen feiert, gebaut. Es soll 40mal genauere Angaben geben, als mit den herkömmlichen Methoden.

Der Röntgenstrahlenhimmel ist von wachsendem Interesse für die Wissenschaftler, besonders nach der kürzlichen Entdeckung von Quellen, die unerklärlicherweise flackern, und von Röntgenstrahlungspulsen. Die bis jetzt installierten Satelliteninstrumente haben nur unvollkommene Karten von Quellen geliefert, weil sie zu gleicher Zeit nur auf einen Punkt des Himmels schauen konnten, während das neue Instrument zur gleichen Zeit auf alle Himmelspunkte ausgerichtet werden kann.

Während des Fluges wurde das Teleskop auf eine Supernova (Puppis-A) ausgerichtet. Dies ist die kräftigste Röntgenquelle, die jedoch nur von der südlichen Hemisphäre aus sichtbar ist. Sie explodierte in unserem Milchstraßensystem vor 4000 Jahren. Die Stoßwellen dieser Explosion haben die interstellare Materie auf mehrere Millionen Grad Celsius erhitzt und die Röntgenstrahlung verursacht. Die Strahlen haben eine 1000 mal kürzere Wellenlänge als sichtbares Licht. So wurde der mit Gold belegte Spiegel zum Einstellen 1000mal feiner ausgelegt als ein normaler Spiegel. Das Resultat wurde durch eine spezielle Poliertechnik erreicht, die in dem National Physical Laboratory in der Nähe von London entwickelt wurde.

LPS/Dr. W.

Was Komet 1862-3 verspricht

Leningrader Astronomen erwarten, daß sich bei der Wiederkehr des Kometen 1862-3 aus dessen Bahnänderungen die Möglichkeiten ergeben werden, die Positionen eines oder zweier jenseits des Pluto unsere Sonne umkreisenden Planeten errechnen zu können, deren Existenz theoretisch vorausgesagt wurde.

Flieger-Revue 7/76

Nebel über dem Mars

Der Mars muß immer mehr seine Geheimnisse preisgeben. Auf Grund vieler von der amerikanischen Sonde Viking 1 zur Erde übermittelte Fotos konnten die Fachleute beobachten, wie ein starker Wind eine neue Dünenlandschaft rings um die Sonde gebildet hatte. Die Kämme der Dünen deuten darauf hin, so erklärte Thomas Mutch, Mars-Chefgeologe des amerikanischen Unternehmens, daß der rostrote Marssand möglicherweise mit einer Art Schnee vermischt ist.

Die Theorie, daß im Marsboden Wasser vorhanden sein müsse, wurde inzwischen vom Mutterschiff des Landeapparates, der in der Umlaufbahn befindlichen Raumsonde Viking 1, endgültig bestätigt. Auf Fotos, die von der Umlaufbahn herab aufgenommen wurden, sind deutlich helle Nebelschleier innerhalb von Kratern, Furchen und anderen Senken zu sehen. Die Nebelbänke sind zwei bis drei Meter dick und jagen mit Geschwindigkeiten von etwa 200 km/h dahin. Die Schwaden wurden eine Stunde und zwanzig Minuten nach Sonnenaufgang fotografiert. Auf unmittelbar nach Sonnenaufgang aufgenommenen Bildern sind dagegen noch keine Dunstschleier erkennbar. Fachleute schließen daraus, daß infolge von Sonneneinstrahlung aus dem Marsboden Feuchtigkeit freigesetzt und von der Atmosphäre aufgenommen wird. Die freigesetzte Feuchtigkeit kann aus dem „Sandesnee“ oder aus der Permafrostschicht (ständige Eisschicht unter dem Boden) stammen. Die Entdeckung erhärtet auch die Ansicht, daß vor Jahrmillionen auf dem Mars riesige Wassermassen geflossen sein müssen.

Die rötliche Färbung der Marsoberfläche ist auf einen großen Eisengehalt der Marsoberfläche zurückzuführen. Bodenproben, welche die Sonde analysierte, enthielten 14 Prozent Eisen. Weiter waren darin enthalten: Silizium, Phosphor und Kalzium. Die meisten um die Sonde liegenden Steine sind Basalte, was auf eine vulkanische Vergangenheit schließen läßt.

ND 21./22. 8. 76

Bewegung des Sonnenplasmas bis zu 50 km/s

An Bord der Raumstation SALUT 4 (1974-104A) befindet sich bekanntlich das Sonnenteleskop „Wostok“. Mit seiner Hilfe gelang es den beiden Besatzungen, mehrere hundert Spektrogramme der Sonne zu gewinnen. Aufgenommen wurden vor allem aktive Gebiete der Sonnenoberfläche wie Eruptionen, Protuberanzen und Flokuli. Nach einer vorläufigen Auswertung konnte festgestellt werden, daß die Geschwindigkeiten der Bewegung des Plasmas in diesen aktiven Gebieten Werte bis zu 50 km/s und mehr ausmachen. Die Auswertung wird noch weiter fortgesetzt.

Flieger-Revue 7/76

Röntgenstrahler

Der Stern Capella im Sternbild Fuhrmann konnte kürzlich bei einem Forschungsraketenanstieg als intensiver Röntgenstrahler nachgewiesen werden. Entdeckt wurde diese Strahlung im Energiebereich von 400 bis 1600 eV. Der Sternsensor für die Lagerorientierung war parallel zur Meßapparatur für die Röntgenstrahlung angebracht worden. Da Capella als Leitstern gewählt worden war, konnte die intensive Röntgenstrahlung dieses nur 45 Lichtjahre entfernten Sternes nachgewiesen werden. Bei früheren Untersuchungen dieser Himmelsgegend konnte bei Capella keine Röntgenstrahlung nachgewiesen werden. Es scheint sich also bei dieser Messung, die im April 1974 ausgeführt worden war, um einen Strahlungsausbruch gehandelt zu haben. Abschätzungen ergaben, daß die Röntgenstrahlungsintensität in der Größenordnung von 10^{11} bis 10^{14} erg je Sekunde schwankt. Es hat den Anschein, daß ein großer Teil der Sterne in diesem Spektralbereich Röntgenstrahlungsveränderliche sind.

Flieger-Revue 5/76

Raumforschungskollektive – Keime eines neuen Zweiges der Volkswirtschaft

Als im Oktober 1969 der Satellit Interkosmos 1 vom sowjetischen Kosmodrom abhob, wurde er als „erste Schwalbe“ der Zusammenarbeit der sozialistischen Länder im Weltall bezeichnet. Dieser Begriff war sehr treffend gewählt, denn in der Praxis zeigte sich, daß die Integration zwischen den RGW-Ländern in der Raumfahrt nicht weniger nutzbringend und perspektivreich ist als auf der Erde.

Im Sommer des vergangenen Jahres verlas der bulgarische Wissenschaftler Professor K. Serafimow auf der XVIII. COSPAR-Tagung den Bericht „Über die Ergebnisse der gemeinsamen Forschungen im Interkosmos-Programm“. Ich hatte damals Gelegenheit, die Meinung zahlreicher Teilnehmer dieses repräsentativen Forums der maßgeblichsten Raumforscher der Welt zu hören. Sie hielten diese Ergebnisse für sehr bedeutend und eindrucksvoll. Zu den wissenschaftlichen Erkenntnissen gehören nun auch erstklassige Arbeiten zur Erforschung der Sonne, der Ionosphäre, der kosmischen Strahlung, der Meteorite sowie zu den solar-terrestrischen Verbindungen. Sie wurden mit Interkosmos-Satelliten und den geophysikalischen Raketen „Vertikal“ vorgenommen und dienen den Interessen der gesamten Menschheit.

Heute stehen zur Realisierung des Interkosmos-Programms neue technische Mittel zur Verfügung, nämlich die universalen automatischen Orbitalstationen, mit viel leistungsfähigeren Forschungsmitteln. Der erste Vertreter dieser neuen Serie – Interkosmos 15 – besteht die Prüfungen im Weltraum mit Erfolg. So werden die Wissenschaftler der sozialistischen Länder in Zukunft weiterreichende und komplexere Forschungen vornehmen können.

Die Unterzeichnung des Regierungsabkommens der sozialistischen Länder über die Zusammenarbeit bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums zu friedlichen Zwecken in Moskau ist ein wichtiger Schritt für die Zukunft, der sich aus der gesamten bisherigen Arbeit im Rahmen des Interkosmos-Programms ergibt.

Erst kürzlich hatte ich bei einer Reise in die DDR und die ČSSR Gelegenheit, mehrere Institute kennenzulernen, die am

Interkosmos-Programm beteiligt sind. Die Raumforschung gibt zahlreichen Forschungseinrichtungen einen neuen Lebensinhalt, selbst kleine Kollektive können nun an vorderster Stelle der modernen Wissenschaft mitarbeiten.

In Potsdam erhebt sich neben einem Observatorium ein hölzerner Turm. Er diente zu Beginn unseres Jahrhunderts, als ein geodätisches Netz für ganz Mitteleuropa ausgebaut wurde, als Hauptmeßpunkt. Heute sind dort anstelle des Winkelmeßgeräts an der Turmspitze eine Kamera für optische Beobachtungen von Satelliten und ein Laserortungsgerät aufgestellt. Diese Geräte benutzen die Wissenschaftler des Geophysikalischen Instituts der Akademie der Wissenschaften der DDR zu Arbeiten für den Ausbau eines weltumspannenden geodätischen Netzes, sie können damit aber auch die Driften der Kontinente sowie geringste Veränderungen in der Drehachse unseres Planeten wahrnehmen.

Das Institut für Experimentalendokrinologie der Slowakischen Akademie der Wissenschaften in Bratislava ist zwar klein, aber durch seine hervorragenden Arbeiten bekannt. An Bord des internationalen biologischen Laboratoriums Kosmos-782 befanden sich Versuchsratten, die in diesem Institut unter besonders sterilen Bedingungen gezüchtet worden waren. Das ist deshalb so wichtig, weil diese Tiere dann einen Monat lang nicht von gewöhnlichen Krankheiten befallen werden, so daß klar ermittelt werden kann, wie sich die bei einem Raumflug und bei nachfolgender Rückkehr auf die Erde auftretenden Faktoren auf die einzelnen Organe auswirken. Die slowakischen Wissenschaftler haben das endokrine System der Ratten sorgfältig erforscht und haben es ihren Partnern dadurch ermöglicht, sich der Erforschung anderer Probleme zu widmen. Gerade darin liegt ja auch der wahre Sinn der Kooperation, daß jeder der Partner seine stärksten Kräfte zur Verfügung stellt und schließlich alle einen Vorteil davon haben.

Durch die jahrelange Zusammenarbeit entstehen in den sozialistischen Ländern Raumforschungskollektive. Sie sind Keime eines neuen Zweiges der Volkswirtschaft. Im ersten Interkosmos-Satelliten befand sich ein Gerät zur Erforschung der Intensität der ultravioletten Sonnenstrahlung, das in einem physikalisch-technischen Institut der DDR gebaut worden war. An Bord des sowjetischen Satelliten Meteor befindet sich ein Gerät ganz besonderer Art, ein Spektrometer-Interferometer, das unter der Leitung von Dr. F. Kempe in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau der Akademie der Wissenschaften der DDR und sowjetischen Fachleuten entwickelt wurde. Dieses Gerät dient dazu, das vertikale Temperaturprofil vom Sputnik aus bis zu Höhen von 35 bis 40 Kilometern sowie den Feuchtigkeit- und Ozongehalt der Atmosphäre zu ermitteln. Es spricht für sich, daß Wissenschaftler der DDR es gegenwärtig für chemische und biologische Präzisionsforschungen sowie Expreßanalysen in Industriebetrieben weiterentwickeln.

Die Wissenschaftler aller sozialistischen Länder bemühen sich, die Ergebnisse der Raumforschungen auch für die Industrie nutzbar zu machen. So wurde zum Beispiel für die neuen universalen automatischen Raumflugkörper in umfassender Kooperation von Fachleuten aus der DDR, der VPR, der CSSR, der UVR und der Sowjetunion ein einheitliches telemetrisches System errichtet. So sollen jetzt die Spezialmagnetongeräte, die im Institut für Elektronik der Akademie der Wissenschaften der DDR für dieses System entwickelt wurden, als transportable elektronische Steuerrechner verwendet werden, die in den verschiedensten Bereichen der Volkswirtschaft benötigt werden.

Die volkswirtschaftliche Ausrichtung der entsprechend dem Interkosmos-Programm ausgeführten Arbeiten widerspiegelt sich auch in der Bildung einer neuen Arbeitsgruppe. Bis zum vergangenen Jahr gab es die Arbeitsgruppen für Raumphysik, Meteorologie, Nachrichtenübermittlung, Biologie und Medizin. Inzwischen gesellte sich eine Gruppe für die Fernerkundung von Naturschätzen aus dem Weltraum hinzu. Ein mit einem Labor ausgestattetes Spezialflugzeug des Instituts für Raumforschung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurde in Bulgarien und in der DDR eingesetzt, um die Fachleute der Bruderländer dabei zu unterstützen, die Methodik für geologische Versuchsforschungen, für Untersuchungen von Feldern, Wäldern und Wiesen mit Spezialgeräten gründlich zu studieren.

Als Pionier der Erforschung des Weltraums stellte die Sowjetunion ihre Raumfahrttechnik für die gemeinsamen Arbeiten aller sozialistischen Länder, für den weiteren wissenschaftlich-technischen Fortschritt, zum Wohl aller unserer Völker zur Verfügung.

B. Konowalow in „Iswestija“ 17. 7. 76 nach PdsU 35/76

Projekt neuer gemeinsamer Raumflugunternehmen UdSSR – USA

Wissenschaftler der UdSSR und der USA diskutieren zur Zeit neue Projekte gemeinsamer bemannter Raumflugunternehmen. Im Mittelpunkt der Diskussionen steht dabei die Möglichkeit, mit einem amerikanischen Raumtransporter SPACE SHUTTLE eine amerikanische Besatzung zu einer sowjetischen Raumstation zu transportieren, wo sie gemeinsam mit ihren sowjetischen Kollegen wissenschaftliche Arbeiten leisten. Konkrete Vorbereitungen für dieses Projekt können aber erst dann beginnen, wenn entsprechende Abkommen auf Regierungsebene abgeschlossen sind. Wie der sowjetische Kosmonaut Kubasow erklärte, ist mit der Inangriffnahme eines solchen Unternehmens frühestens in fünf Jahren zu rechnen. Gemeinsame Flüge sowjetischer und amerikanischer Raumfahrer zum Mond sind nicht vorgesehen.

Flieger-Revue 7/76

Untersuchung über die Bewegung der Marsmonde

Sowjetische Wissenschaftler haben ihre Untersuchungen über die Bewegung der Marsmonde Phobos und Deimos beendet, meldet die „Iswestija“. Spezialisten des Instituts für theoretische Astronomie haben rund 5000 Beobachtungen der beiden Mars-Satelliten ausgewertet, die in den letzten hundert Jahren von verschiedenen Sternwarten der Welt gemacht worden sind. Dabei stellte sich heraus, daß die Umlaufgeschwindigkeit des Phobos nach und nach zunimmt. Die Beschleunigung führen die Wissenschaftler auf die sogenannte Gezeiten-Wechselwirkung mit dem Mars zurück. Die schnellere Bewegung wird nach Ansicht der Spezialisten dazu führen, daß der Satellit in Millionen Jahren auf den Mars aufprallen wird.

ND 25./26. 9. 76

Neues von Ganymed

Jüngste Aufnahmen vom Jupitermond Ganymed deuten darauf hin, daß der Kern dieses Himmelskörpers aus felsigem Material besteht. Er wird von großen Mengen flüssigen Wassers umgeben, das zur Oberfläche des Mondes hin immer mehr zu Eis wird. In dieser festen Eiskruste sind mittelgroße Felsbrocken eingeschlossen. Verschiedene Anzeichen sprechen dafür, daß Ganymed eine sehr dünne Atmosphäre besitzt, in der Spuren von Methan und Ammoniak vorkommen. Die Mondaufnahme gelang mit der amerikanischen Jupitersonde.

ND 25./26. 9. 76

Buchbesprechung

Relativität, Gruppen, Teilchen

Die Autoren legen ein Buch über Relativitätstheorie vor, das auf der Grundlage von Vorlesungen über spezielle Relativitätstheorie entstanden ist. Das Buch wendet sich an Leser, die mit den physikalischen Grundlagen der Relativitätstheorie vertraut sind und mit dem mathematischen und physikalischen Formalismus der theoretischen Physik umgehen können. Damit ist der Benutzerkreis des Buches von vornherein eingeschränkt.

In 10 in sich geschlossenen Kapiteln werden z. B. Fragen der Lorentztransformation, der Relativistischen Mechanik und Elektrodynamik, der Erhaltungssätze in der Relativistischen Feldtheorie und anderes behandelt.

Der Leser, der mit den theoretisch-physikalischen Problemen vertraut ist, wird sich schnell in dem Buch zurechtfinden, denn es ist sehr übersichtlich gegliedert. Zur Übersichtlichkeit und dem schnellen Einlesen tragen auch das detaillierte Sachverzeichnis und die im Anhang noch einmal zusammengestellten Symbole bei. Im Anhang wurden auch noch einmal alle zitierten Werke sowie die weiterführende Literatur zusammengestellt.

Der auf dem Gebiete der Relativistischen Physik Tätige, vor allem der Lehrende auf diesem Gebiet, wird gerne zu dem vorliegenden Buch greifen.

Dr. S. MARX, Tautenburg

Sexl, Roman, U.; Urbantke, Helmut, K.: Relativität Gruppen, Teilchen.
Springer-Verlag Wien - New York, 1976, 301 S.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Unsere Autoren

Dipl.-Lehrer Klaus Friedrich, 1193 Berlin, Alt-Treptow 1

Dr. Paul Ahnert, 64 Sonneberg, Sternwarte

Dr. Josef Olmr, Ondřejov, Sternwarte der Akademie der Wissenschaften der ČSSR

Jörg Mosch, 825 Meißen, Gartenstr. 16

Gerhard Ihlow, 8301 Pirna-Zehista, Oberschule

Dietmar Böhme, 4851 Nessa, Nr. 11

Manfred Schrötter 7208 Regis-Breitingen, Str. d. FDJ 44

Helmut Busch, 7302 Hartha, Sternwarte

Ol. Arnold Zenkert, 15 Potsdam, Seestr. 17.

Ol. Heinz Albert, 963 Crimmitschau, Str. d. Jugend 8

Dr. S. Marx, 6901 Tautenburg, Observatorium