

1¹⁹⁷⁴ **Astronomie
und Raumfahrt**



INHALT

Kometen als Mitglieder unseres Sonnensystems · Prof. Dr. Johannes Hoppe	1
Zur Beobachtung des Kometen „Kohoutek“ bis Mai 1974 · Dr. S. Marx	3
Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1974 · Dr. S. Marx	4
Das Unternehmen Skylab bis Aufenthaltsende der 1. Mannschaft · Karl-Heinz Neumann	8
Verbreitung von Hörrundfunksendungen durch Satelliten · H. D. Naumann	11

Amateure beobachten und berichten

Ermittlung einiger Bahnelemente der Erde aus Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers · Thomas Berthold und Andreas Nollau	12
Helles Meteor beobachtet · Klaus Häußler	18
Ein Fernrohr zum Selbstbau · Karlheinz Germer	18

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Das Unternehmen Skylab“	I-IV
---	------

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ – Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Erfurt.	27
Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Halle.	28
Copernicus-Ausstellung in Oebisfelde	28

Aus der Literatur

Venussonden-Projekt NASA-ESRO	28
GALAXY-Gerät zur Auswertung von Himmelsaufnahmen – Zusammenstöße der Erde mit Kometen	29
Solarzellen sind noch entwicklungsfähig – Japanische Nachrichtensatelliten-Projekte	30
Französisches Raketenprojekt L-3-S – Forschungen in Bjuakan	31
Alter des Sichte-Alin-Meteoriten	32
Schwarze Löcher im Kosmos – Quasar OH 471 16,7 Milliarden Lichtjahre entfernt – Schädigende galaktische Strahlung – Revolutionierende Entdeckungen in Astronomie und Astrophysik zu er- warten	4. Umschlagseite
Zum 70. Geburtstag von A. Hockauf	32

Buchbesprechung

Kosmogonie der interstellaren Materie	3. Umschlagseite
Redaktionschluß 16. 11. 73	

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR, Redaktion: Herbert Pflaß (Chefredakteur, Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergraben 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohnstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur), Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12, Fernsprecher 4229744/45.
Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.
Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 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.
Gesamtherstellung: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Kometen als Mitglieder unseres Sonnensystems

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE

Über den Kometen Kohoutek, 1973 f, seine heliozentrische Bahn und die Sichtbarkeitsverhältnisse ist bereits im Heft 6/1973 dieser Zeitschrift von Dr. S. Marx berichtet worden. Die aus den Eigenschaften der räumlichen Bahn zu erwartende auffällige Erscheinung am südwestlichen Abendhimmel des Frühjahres 1974 ist Anlaß, nochmals auf einige seiner Besonderheiten einzugehen und dazu einige allgemeine Bemerkungen über die Kometen zu machen.

Nach den bis gegen Ende September vorliegenden Beobachtungen ermittelte man eine hyperbolische Bahn mit der großen Halbachse $a = -35700$ Astronomische Einheiten (AE). Dieser Wert ist mit einem Fehler von ± 9610 AE behaftet. Danach könnte dieser Komet aus dem interstellaren Raum stammen. Wahrscheinlicher aber ist es, daß die Bahn ursprünglich eine langgestreckte Ellipse war, deren Aphel im zirkumsolaren Kometensystem (1) liegt. Auf jeden Fall kann der Komet als **neu** bezeichnet werden; denn die Fallzeit aus dem Bereich der zirkumsolaren Kometen liegt in der Größenordnung von Millionen Jahren. Es genügen evtl. Störungen auf der zur Sonne gerichteten Bahn vor Eintritt in das zentrale planetarische Kometensystem, um die langgestreckte Ellipse in eine Hyperbel zu verwandeln. Des weiteren wird der Komet, wenn er den Raum der großen Planeten durchläuft, je nach der Lage seiner Bahn und den Stellungen der Planeten, in mehr oder minder starkem Maße beeinflusst, so daß seine gegenwärtige Bahn wiederum Änderungen ihrer Form, Größe und Lage erfährt.

Beim Kometen Kohoutek liegen die Verhältnisse folgendermaßen: Vom 14. bis 26. Dezember betrug der Abstand zwischen Komet und Merkur etwa 0,3 AE, dann wurde dieser nahe seinem Aphel vom Kometen überholt. Die Venus bleibt in etwas größerem Abstand zum Kometen, 0,5 AE werden nirgends unterschritten. Der Erde nähert sich der Komet erst Anfang des Jahres 1974 auf weniger als 1 AE und verkürzt um die Mitte des Monats Januar seinen Abstand zur Erde auf etwa 0,8 AE. Am Planeten Mars zieht der Komet nach der ersten Dekade des Februar vorbei und wird um den 20. Februar etwa 0,4 AE von ihm entfernt sein. Von den Riesenplaneten ist Saturn der einzige, in dessen Nähe der Komet auf seiner nach außen gerichteten Bahn kommt. Der Ort an der Sternsphäre, aus dem der Komet auftauchte und nach dem hin er sich wieder bewegen wird, wenn er längst unseren Blicken verschwunden ist, liegt zwischen den Zwillingen und dem Hauptstern im Kleinen Hund, jedoch näher dem letzteren.

Das Besondere an dem Kometen Kohoutek ist die große Annäherung an die Sonne, die er im Perihel erreicht. Wie aus dem Aufsatz von Dr. S. Marx ersichtlich, durchquert der Komet den Innenraum der Merkurbahn derart, daß er sich der Sonne auf rund 31 Sonnenradien nähert. Bei einem so geringen Abstand von der Sonne wirken auf den Kometenkern sowohl die Gravitationskräfte, wie auch die thermische (elektromagnetische) und korpuskulare Strahlung in hohem Maße ein. Betrachten wir zuerst die Möglichkeit einer mechanischen Zerstörung des Kometenkerns durch Unterschreiten der ROCHESchen Grenzentfernung. Hierbei wirken auch in der Umgebung um das Perihel die Gezeitenkräfte der Sonne auf den Kern, die im Falle einer Rotation noch verstärkte Auswirkungen zeigen. Nach der Formel für die ROCHESche Grenzentfernung (2) kann man die Abstände dieser Grenze von der Sonne für die beiden Kometenkernmodelle berechnen, wenn man geeignete Annahmen über die mittlere Dichte macht. Für das WHIPPLEsche Kometenmodell erhält man rund 6,9 Sonnenradien, für das ältere Sternhaufen-Kernmodell ergibt sich die Grenzentfernung zu 27,5 Sonnenradien. Grundsätzlich besteht hier die Möglichkeit, zwischen den beiden Kernmodellen zu entscheiden, wenn der Perihelabstand des Kometen zwischen den beiden ROCHESchen Grenzen liegt.

Die elektromagnetische und korpuskulare Strahlung der Sonne ruft eine umso größere zerstörende und auflösende Wirkung an der Oberfläche des Kometenkerns hervor, je näher das Perihel bei der Sonne liegt, je intensiver also die Strahlung ist. Die durch Absorption aufgenommene Sonnenenergie geht, wenn von dem Betrage abgesehen wird, der bei der Annäherung an die Sonne zur allmählichen Aufheizung verwendet wird, durch zwei Energiezerstreuungsprozesse verloren: durch Ausstrahlung im langwelligen Spektralbereich und durch Verdampfung des Eises, aus dem der Kometenkern zu etwa 90 Prozent besteht. Solange sich der Komet in großer Entfernung von der Sonne befindet, überwiegt die Ausstrahlung. Mit der Zunahme der Intensität der solaren Einstrahlung, steigt die Verdampfungsrate und wird schließlich der Hauptprozeß der Energiezerstreuung. Im Perihelabstand von 31 Sonnenradien würde ein Kometenkern, dessen Durchmesser 10 km beträgt, je Sekunde eine Masse von rund

600 Tonnen verlieren. Auf dem Wege im Innenbezirk des Planetensystems ergibt sich zusammenge-rechnet, daß der Komet von den 500 Milliarden Tonnen seiner Masse nur etwa 10 Milliarden Tonnen für die Erzeugung seines Schweifes, also nur 2 Prozent einbüßt.

Da der Komet 1973 f auf langgestreckter Bahn aus dem Randbezirk der solaren Gravisphäre in den inneren Bereich des Sonnensystems gekommen ist, darf wegen der größenordnungsmäßig nach Millionen Jahren zählenden Umlaufzeit angenommen werden, daß der Weltkörper das erste Mal durch die Sonnennähe geht. Die große Bahngeschwindigkeit im Perihel von reichlich 100 km/sec verhindert, daß der Kern für längere Zeit der zerstörenden Wirkung der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist. Wenn gegenwärtig auch nichts über seine körperlichen Dimensionen und seine Masse bekannt ist, so wird wegen der beachtlichen Sonnennähe eine starke Gasproduktion im Bereiche der Koma sowie eine mächtige Schweifentwicklung erwartet. Im Zusammenhang damit wird ein erheblicher Anstieg der Helligkeit eintreten, die nach vorsichtigen Schätzungen mit $-3,6^m$ in die Nähe der Venuselligkeit gelangt. Aber auch im Verlaufe des Januar, als der Komet am südwestlichen Abendhimmel sichtbar war, ist er noch eine auffällige Erscheinung gewesen. Die Unsicherheit in der Vorausberechnung der Helligkeit beruht darauf, daß man vor allem bei einem erstmalig erscheinenden Kometen nicht wissen kann, welche Intensität seine Gasproduktion erreichen wird. Um das abschätzen zu können, müßte man die Größe, die stoffliche Zusammensetzung, den strukturellen Aufbau und die Rotation des Kometenkerns kennen. Informationen über die chemischen Bestandteile werden die Spektralaufnahmen bringen, über den Kerndurchmesser und vielleicht auch den Aufbau und die Rotation des Kernes wird man etwas aus der Helligkeit, sowie der Form und der Entwicklung der Koma und des Schweifes schließen können.

Die Herkunft des Kometen Kohoutek aus dem transplutonischen Raume regt zu einer allgemeinen Betrachtung dieser Klasse der planetaren Weltkörper an. Nach der heutigen, in allen Einzelheiten noch keineswegs geklärten Ansicht, befindet sich der Hauptteil der Kometenkörper jenseits der Bahn des äußersten Planeten Pluto unseres Sonnensystems. Dabei hat man sich auf Grund der zahlreichen photometrischen und spektrographischen Beobachtungen den Kometenkörper – meist Kern genannt – als nahezu kugelförmigen Körper vorzustellen, der zu etwa 90 Prozent aus Eis und zu 10 Prozent aus meteoritischem Staub besteht. Die Durchmesser der Kometenkerne liegen überwiegend im Bereich von 5 bis 200 km. Kleinere Kerne, die es sicher gibt, dürften nur unter ganz besonderen Umständen als Kometen sichtbar werden, größere werden verhältnismäßig selten vorkommen.

Das Eis der Kometen besteht aus den Molekülen von Methan (CH_4), Ammoniak (NH_3), Wasser (H_2O), Stickstoff (N_2), Kohlensäure (CO_2) und Dizan (C_2N_2). Die durchschnittliche mengenmäßige Verteilung der verschiedenen Moleküle ist heute noch nicht bekannt. Man nimmt jedoch, gegründet auf die Partikelhäufigkeit der einzelnen Elemente an, daß der Hauptteil des Eises aus H_2O besteht.

Die meteoritischen Kleinkörper werden sich in gleicher Weise aus den Bestandteilen zusammensetzen, die sich bei den Meteoriten unter Berücksichtigung ihrer massenmäßigen Häufigkeit vorfinden. So ergibt sich die mittlere Dichte der Kometenkerne zu $1,32 \text{ g/cm}^3$. Hieraus folgt eine Beziehung zwischen der Masse und dem Durchmesser der Kometenkerne von der Form: $\log M = 3 \log D - 0,16$. Aus dem Studium der Kometenbahnen, insbesondere durch die nicht seltenen Bahnen vom Typ des Kometen 1973 f, wurde der Hinweis gewonnen, daß jenseits der Grenze des eigentlichen Planetensystems eine Vorratskammer kometarischer Körper vorhanden sein muß. Auf sorgfältige Extrapolationen gegründete Untersuchungen von VAN WOERKOM (3) und OORT (4) führten zu der Erkenntnis, daß in der Wirkungssphäre der Sonne gegenüber dem Milchstraßensystem und der nächsten Sterngruppe, größenordnungsmäßig 100 Milliarden Kometenkerne vorhanden sein müßten.

Auf Grund des vereinfachten Dreikörperproblems der Himmelsmechanik, das die Bewegung eines Körpers von verschwindend kleiner Masse im Schwerfeld zweier erheblich größerer Massen beschreibt, ergibt sich für den von der Sonne beherrschten Gravitationsraum gegenüber dem Schwerfeld des galaktischen Massenzentrums ein Radius von 216000 AE. Der Bereich dieser Raumkugel wird jedoch eingeschränkt von den benachbarten Sternen entsprechend ihrer Entfernung und ihren Massen nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz, am stärksten somit von dem Doppelstern α Centauri und der Proxima Centauri. Bei Anwendung der gleichen Überlegungen schrumpft dadurch die sog. Gravisphäre der Sonne auf einen Radius von 103000 AE, also auf immerhin noch 1,64 Lichtjahre zusammen. Kometenkerne, die sich in diesem zirkumsolaren Raum befinden, unterliegen nur noch nahe der Peripherie dem störenden Einfluß von α Centauri und in wesentlich geringerem Maße dem der anderen benachbarten Sterne.

Wenn man dieses fast unvorstellbare Volumen des zirkumsolaren Kometensystems auf die 10^{11} Kerne verteilen würde, so fiele auf jeden Kometenkern ein kugelförmiger Raum mit dem Radius von rund 22 AE. Trotz dieser Raumesparsamkeit der einzelnen Körper wird es gelegentliche Zusammenstöße, d. h. nahe Begegnungen zwischen den einzelnen Körpern geben. Einmal durch diese Wechselwirkung, dann aber auch durch den Einfluß benachbarter Sterne, werden einzelne Körper so gestört, daß sie

stärker elliptische Fallbahnen zum Gravitationszentrum annehmen. Man hat abgeschätzt, daß sich derartige zentripetale Bahnen wegen der großen Gesamtzahl mit einer solchen Häufigkeit ergeben, daß im Raum innerhalb der Neptunbahn etwa 5 Millionen Kometen den sonnennahen Teilbogen ihrer Bahn durchlaufen.

Von diesen Kometen werden für den irdischen Beobachter allerdings nur wenige sichtbar; denn erst bei einer Annäherung von wenigstens 2 AE an die Sonne, wird ein durchschnittlicher Kometenkern durch die Einwirkung der normalen Sonnenstrahlung zu einer Erscheinung, die bemerkt werden kann. Beim Durchlaufen des zentralen Planetensystems innerhalb der Plutobahn unterliegen die Kometenkerne nach Maßgabe ihrer Bahnlage und der Annäherung an die großen Planeten mehr oder weniger großen Störungen, die zu Änderungen ihrer ursprünglichen Bahnen führen.

Gewinnt ein Kometenkern bei diesem Störvorgang ausreichend mechanische Energie, so kann er befähigt werden, seine Bahn so zu vergrößern, daß er dem Bereich des Sonnensystems zu entfliehen und in den interstellaren Raum abzuwandern vermag. Da wir heute der Auffassung sind, daß die Kometen bei der Entstehung des Planetensystems gebildet wurden und daß es im Milchstraßensystem zahlreiche andere Planetensysteme gibt, so ist es durchaus möglich, daß derartige Ausreißer ferner Planetensysteme als Eindringlinge auf hyperbolischen Bahnen unser Sonnensystem durchlaufen können.

Verliert dagegen ein Kometenkern bei einer Begegnung mit einem Planeten etwas Energie, so kann er sich nicht mehr in so große Entfernung von der Sonne begeben. Er bleibt mit entsprechend verkleinerter Bahn und vermindelter Neigung im Raume der großen Planeten. Auf diese Weise hat sich im Laufe von Jahrtausenden das zentrale planetarische Kometensystem als gesonderte Untergruppe gebildet, deren Mitglieder meist als kurzperiodische Kometen bezeichnet werden.

In dieser Untergruppe fallen wiederum die sog. Kometenfamilien auf, deren Aphele als Folge der Gravitationswirkungen sich nahe der Bahnen der größten Planeten häufen. Es ist in diesem Zusammenhang verständlich, daß der Jupiter als größte Planetenmasse auch die größte Kometenfamilie mit wenigstens 29 Mitgliedern besitzt.

Literatur:

- [1] N. RICHTER, Statistik und Physik der Kometen, 1954, S. 9.
- [2] J. HOPPE, Planeten - Sterne - Nebel, Taschenbuch Band 6/7, S. 90.
- [3] Bull. Astr. Inst. Netherlands, X, Nr. 399 (1948).
- [4] Bull. Astr. Inst. Netherlands, XI, Nr. 408, 91 (1950).

Zur Beobachtung des Kometen „Kohoutek“ bis Mai 1974

Dr. S. MARX

Im IAU-Circular 2577 wurden weitere Daten des Kometen „Kohoutek“ veröffentlicht, die seine Beobachtung bis Mai 1974 ermöglichen.

Aus der nachfolgenden Tabelle ist zu entnehmen:

- Spalte 1: Datum
 Spalte 2: Rektaszension (1950), α
 Spalte 3: Deklination (1950), δ
 Spalte 4: Abstand des Kometen von der Erde in Astronomischen Einheiten, Δ
 Spalte 5: Abstand des Kometen von der Sonne in Astronomischen Einheiten, r
 Spalte 6: Winkelabstand des Kometen von der Sonne, E
 Spalte 7: Zu erwartende scheinbare Helligkeit des Kometen, m .

Innerhalb dieses Helligkeitsverlaufes betrug die scheinbare Kometenhelligkeit am 24. 12. 1973 — 3,6 Größenklassen und ebenfalls am 3. 1. 1974 — 3,6 Größenklassen. Damit besteht ein Normwert, aus dem eine Zuverlässigkeit dieser Angaben durch Vergleich mit der Beobachtung entnommen werden kann.

Datum	α	δ	Δ	r	E	m
1974 Feb. 22	2 ^h 33 ^m 8	14°40,8	1,520	1,472	68°1	5,2
März 04	3 ^h 04 ^m 6	16°28,3	1,709	1,658	65°7	6,4
14	3 ^h 29 ^m 8	17°44,4	2,081	1,834	61°8	7,4
24	3 ^h 51 ^m 5	18°40,9	2,361	2,003	57°1	8,4
April 03	4 ^h 10 ^m 7	19°23,6	2,636	2,166	51°8	9,3
13	4 ^h 28 ^m 2	19°56,2	2,902	2,323	46°2	10,1
23	4 ^h 44 ^m 4	20°20,6	3,156	2,475	40°2	10,8
Mai 03	4 ^h 59 ^m 6	20°38,2	3,397	2,623	34°1	11,5
13	5 ^h 13 ^m 9	20°49,8	3,621	2,768	27°8	12,2

Konstellationen und Ereignisse am Sternenhimmel 1974

Dr. S. MARX

Der jährlichen Tradition folgend sollen wieder einige leicht zu beobachtende Erscheinungen am Sternenhimmel für 1974 mitgeteilt werden. Es handelt sich um Konstellationen zwischen den Körpern des Sonnensystems. Die Mitteilungen können auch Grundlage der Beobachtungsvorbereitungen und -durchführung für Schüler der 10. Klasse sein.

1. Sonnen- und Mondfinsternisse

Im Jahre 1974 gibt es nur 4 Finsternisse. Die beiden Sonnenfinsternisse sind vom Gebiet der DDR aus nicht sichtbar. Die partielle Mondfinsternis kann in ihrem ganzen Verlauf in Mitteleuropa beobachtet werden, die totale Mondfinsternis nur nach der Totalität. Das Jahr 1974 gibt also für Finsternisbeobachtungen wenig Möglichkeiten.

1.1. 1974 Juni 4./5. Mondfinsternis

Diese Finsternis kann in der DDR beobachtet werden. Es handelt sich um eine partielle Verfinsternung des Mondes mit einer größten Phase von 0,832. Der zeitliche Verlauf ist folgender;

Jun 4. 21^h38^m8 Eintritt in den Kernschatten
Jun 4. 23^h15^m9 größte Phase
Jun 5. 0^h53^m1 Austritt aus dem Kernschatten

Obwohl der gesamte Verlauf beobachtet werden kann, sind die Bedingungen nicht die besten, denn der Mond hat ja zu diesem Zeitpunkt nur eine geringe Deklination von -23° , so daß er selbst bei der Kulmination nur eine Höhe von 16° erreicht. Der Zeitpunkt der Kulmination ist 24^h, der Mondaufgang 19^h55^m.

1.2. 1974 Juni 20. Sonnenfinsternis

Die Totalitätszone dieser Finsternis verläuft durch den Indischen Ozean und berührt gerade noch das australische Festland.

Als partielle Finsternis ist sie von Madagaskar bis Neuguinea zu beobachten. In der Zone der partiellen Verfinsternung liegt auch ganz Australien. Der scheinbare Durchmesser des Mondes ist zum Zeitpunkt der Totalität 83 Bogensekunden größer als der der Sonne. Der zeitliche Verlauf der Verfinsternung ist:

Jun 20. 3^h32^m7 Beginn der Finsternis
Jun 20. 4^h48^m6 Beginn der Totalität
Jun 20. 6^h45^m9 Ende der Totalität
Jun 20. 8^h01^m7 Ende der Finsternis

1.3. 1974 November 29.

Von dieser totalen Mondfinsternis kann in der DDR bei günstigem Wetter die letzte Phase beobachtet werden. Der zeitliche Verlauf der Finsternis ist:

November 29. 14^h28^m5 Eintritt in den Kernschatten
November 29. 15^h35^m0 Beginn der Totalität
November 29. 16^h13^m3 Mitte der Finsternis
November 29. 16^h51^m5 Ende der Totalität
November 29. 17^h58^m1 Austritt aus dem Kernschatten

Der Mond geht an diesem Tag in Rostock um 15^h17^m, in Erfurt um 16^h15^m auf, d. h. der Mond erscheint total verdunkelt über dem Horizont.

1.4. 1974 Dezember 13.

Auch diese partielle Sonnenfinsternis ist vom Gebiet der DDR nicht zu beobachten. Ihr Sichtbarkeitsgebiet umfaßt Nordamerika und den nördlichen und mittleren Atlantik. Der zeitliche Verlauf ist:

Dezember 13. 15^h 2^m0 Anfang der Finsternis
Dezember 13. 17^h12^m4 größte Phase
Dezember 13. 20^h21^m0 Ende der Finsternis

Die größte Phase beträgt 0.827. Wenn der Vorbeigang von Sonne und Mond vollkommen zentral gewesen wäre, hätte es keine totale, sondern eine ringförmige Finsternis gegeben, denn der Winkeldurchmesser des Mondes ist 123 Bogensekunden kleiner als der der Sonne.

2. Planetenbeobachtungen

Die Beobachtung der scheinbaren Bewegungen der Planeten ist eine wichtige Grundlage für die Erforschung der tatsächlichen Bewegungsformen. Außerdem ist es wichtig, mögliche Veränderungen auf den Oberflächen zu erkennen, um daraus Rückschlüsse auf mögliche Entwicklungsvorgänge auf den Planeten zu ziehen. Die Beobachtungsbedingungen für die Planeten sind sehr unterschiedlich. Sie hängen ganz wesentlich vom Winkelabstand Sonne-Planet ab.

2.1. Für den Merkur trifft das zuletzt Gesagte ganz besonders zu, denn er kann maximal nur 28° Winkelabstand erreichen, so daß die Auf- bzw. Untergangszeit des Planeten nur wenig von den entsprechenden Zeiten der Sonne variiert. Günstig für die Sichtbarkeit ist eine große Deklination des Merkur bezüglich der Sonne. Eine erste Abschätzung der Merkursichtbarkeiten kann man folgender Tabelle entnehmen:

Datum der größten Elongation	Kulminationszeit des Merkur	Deklination der Sonne	Deklination des Merkur	Sichtbarkeit
1974 Feb. 9. 18° ost	13 ^h 22 ^m	$-14^\circ 9'$	-8°	Abendsichtbarkeit
März 23. 28° west	10 ^h 27 ^m	$0^\circ 8'$	-12°	—
Juni 4. 24° ost	13 ^h 39 ^m	$22^\circ 4'$	$24^\circ 5'$	Abendsichtbarkeit
Juli 22. 20° west	10 ^h 44 ^m	$20^\circ 4'$	$20^\circ 5'$	—
Okt. 1. 26° ost	13 ^h 20 ^m	$-3^\circ 0'$	$-15^\circ 0'$	—
Nov. 10. 19° west	10 ^h 35 ^m	$-17^\circ 0'$	$-8^\circ 5'$	Morgensichtbarkeit

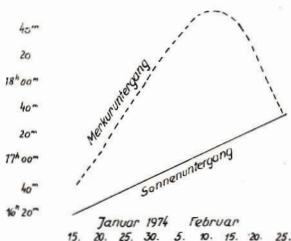
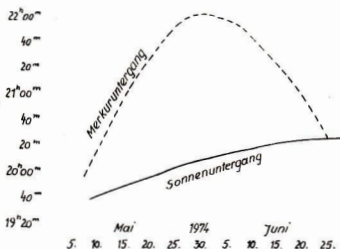
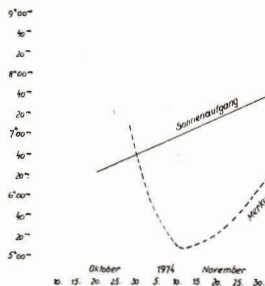


Abb. 1:
Auf- und Untergangszeiten
von Merkur und Sonne
während der Sichtbarkeitsperioden
des Merkur 1974.

Für die drei günstigsten Sichtbarkeitsperioden geben die Abbildungen die Auf- und Untergangsverhältnisse für den Planeten und die Sonne. Während der beiden Abendsichtbarkeitsperioden nimmt die scheinbare Helligkeit des Merkur stark ab, was sich negativ auf seine Beobachtungsmöglichkeiten auswirkt. Im November wächst die scheinbare Helligkeit dagegen von 1,5 Größenklassen auf $-0,5$ Größenklassen.

2.2. Die Venus befindet sich am 23. Januar in unterer und am 6. November in oberer Konjunktion zur Sonne. Um diese Zeitpunkte ist sie nicht beobachtbar. Sie ist während der größten Zeit des Jahres am

Morgenhimmel und erreicht am 4. April mit 46° ihre größte westliche Elongation. Da sicher Beobachtungen der Phasenveränderungen von Interesse sind, gibt die folgende Tabelle die Größe des sichtbaren beleuchteten Teiles der Venus.

Datum	Sichtbarer beleuchteter Teil der Venus	Datum	Sichtbarer beleuchteter Teil der Venus
1974 Jan. 1.	0,15	Sept. 5.	0,96
Jan. 23.	0,00	Okt. 7.	0,99
Febr. 17.	0,16	Nov. 8.	1,00
April 6.	0,50	Dez. 10.	0,99
Juni 1.	0,73	1975 Jan. 3.	0,97
Juli 19.	0,87		

2.3. Den Planeten Mars kann man im ersten Halbjahr beobachten. Seine Untergangszeit liegt im ersten Quartal 1974 nach Mitternacht. Im Mai geht er dann vor Mitternacht unter und bereits im Juli wird er nicht mehr aufzufinden sein. In den letzten Wochen des Jahres kann er dann ganz kurz am Morgenhimmel gesehen werden, da er bereits um 6^h15^m aufgeht. In der Sichtbarkeitsperiode nimmt seine scheinbare Helligkeit (s. Abb. 2) von 0 auf 2,0 Größenklassen ab. Für diesen Planeten herrschen 1974 keine günstigen Beobachtungsbedingungen. Das liegt u. a. daran, daß sein Abstand zur Erde kontinuierlich zunimmt.

Datum:	Jan. 1	Febr. 19	April 20	Juni 19	Aug. 18	Okt. 17	Nov. 22
Abstand zur Erde AE	0,85	1,31	1,88	2,33	2,58	2,61	2,53

Demzufolge verringert sich der Winkeldurchmesser der Marsscheibe auch von 11 Bogensekunden am 1. Januar auf 3,6 Bogensekunden im September.

2.4. Der Jupiter befindet sich am 13. Februar in Konjunktion zur Sonne und ist damit etwa ab Ende März bis Jahresende sichtbar. Da die Deklination von -17° im Januar auf $-7^\circ5'$ im Dezember zunimmt, werden seine Beobachtungsbedingungen wieder besser, denn er erreicht immer größere Kulminationshöhen (22° am Jahresanfang, 32° am Jahresende). Die günstigsten Beobachtungsbedingungen herrschen im September, da er am 5. September in Opposition zur Sonne steht. Zu diesem Zeitpunkt hat er eine scheinbare Helligkeit von $-2,5$ Größenklassen. Sein Abstand zur Erde beträgt 4 Astronomische Einheiten. Bei der Beobachtung des Jupiters ist neben der Registrierung von Oberflächenerscheinungen auch die schnelle Veränderlichkeit der Stellung der 4 hellen Monde interessant. Bei den schnellen Bewegungen kommt es zu häufigen Verfinsterungen der Monde bzw. Vorübergängen an der Jupiterscheibe.

2.5. Den Ringplaneten kann man im ersten und im letzten Drittel des Jahres am Himmel finden, denn seine Konjunktionsstellung mit der Sonne hat er am 30. Juni. In den ersten Wochen des Jahres ist er praktisch die ganze Nacht sichtbar, später dann nur noch in der ersten Nachthälfte. Ab Ende Juli taucht er dann am Morgenhimmel auf und ist in den letzten Wochen des Jahres wieder in der ganzen Nacht sichtbar. Günstig wirkt sich auf seine Sichtbarkeit die hohe Deklination von 20° aus. Hier soll ebenfalls auf die Möglichkeit der Mondbewegungsbeobachtungen, aber vor allem auf die Beschäftigung mit seinem Ringsystem hingewiesen werden. Der Saturn ist der Planet mit der größten Abplattung (0,096). Es könnte interessant sein, mit einfachen Hilfsmitteln diese Abplattung selbst zu messen. Die folgende Tabelle gibt in Bogensekunden den Äquatordurchmesser und den Poldurchmesser.

Datum	Äquatordurchmesser	Poldurchmesser	Abstand Erde - Saturn in AE
1974 Jan. 12	20,6	18,4	8,1
Febr. 21	19,5	17,5	8,5
März 25	18,4	16,5	9,1
Mal 20	17,0	15,2	9,8
Sept. 25	18,0	16,1	9,3
Nov. 20	19,9	17,8	8,4
Dez. 22	20,6	18,4	8,1

Die Abnahme der Größe der Winkeldurchmesser ist eine Folge der Zunahme des Abstandes des Saturn von der Erde.

2.6. Uranus ist bei sehr guten Bedingungen eventuell noch mit dem bloßen Auge auffindbar. Seine Oppositionshelligkeit beträgt 5,7 Größenklassen. Der Zeitpunkt der Opposition ist der 16. April. Er kann bei einer Rektaszension von 13^h37^m und einer Deklination von $-9^\circ20'$ gefunden werden.

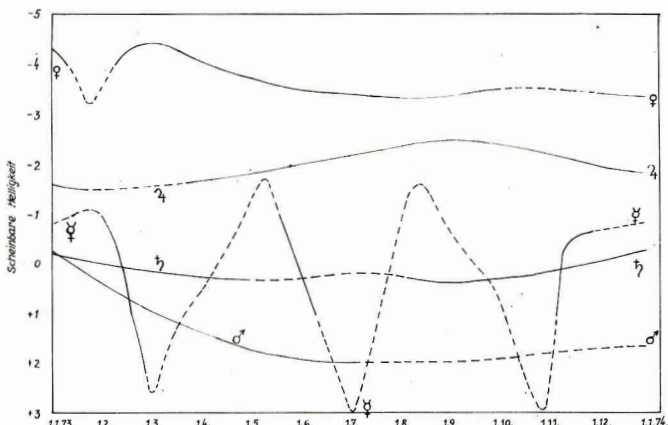


Abb. 2: Helligkeitsverlauf der mit bloßem Auge sichtbaren Planeten.

2.7. Die Planeten Neptun und Pluto können nur mit optischen Hilfsmitteln beobachtet werden, denn selbst zum Zeitpunkt der Opposition sind ihre scheinbaren Helligkeiten zu gering, um sie mit dem bloßen Auge zu finden (Neptun 7,7 Größenklassen, Pluto 14 Größenklassen). Der Vollständigkeit halber sollen aber ihre Koordinaten für die Opposition mitgeteilt werden.

Neptun	Mal 30.	Rektaszension $16^h 27^m$	Pluto	März 26.	Rektaszension $12^h 40^m$
		Deklination $-20^\circ 1'$			Deklination $13^\circ 7'$

3. Besondere Vorkommnisse

3.1. Am 18. und 19. April zieht die abnehmende Mondsichel dicht an den Planeten Venus und Jupiter vorbei. Die Tabelle gibt die Koordinaten dieser Himmelskörper für die Erscheinung.

Objekt	Datum	Rektaszension	Deklination
Mond	April 18. 1 ^h MEZ	22 ^h 19 ^m	$-5^\circ 12'$
	April 19. 1 ^h MEZ	23 ^h 5 ^m	$-0^\circ 23'$
	April 20. 1 ^h MEZ	23 ^h 51 ^m	$+4^\circ 33'$
Venus	April 18.	22 ^h 53 ^m	$+7^\circ 15'$
Jupiter	April 18.	22 ^h 41 ^m	$-9^\circ 20'$

3.2. Im Jahre 1974 kommt es zur Venus- und Saturnbedeckung durch den Mond. Die Saturnbedeckung im März ist gut zu beobachten. Die Venusbedeckung am 17. Juli findet am Taghimmel statt, kann mit bloßem Auge also nicht gesehen werden. Die folgende Tabelle gibt die Zeitpunkte in MEZ für Potsdam.

Datum	Objekt	Helligkeit	Zeit
1974 März 3.	Saturn	-0,2	0 ^h 51 ^m Eintritt 1 ^h 39 ^m Austritt
Juli 17.	Venus	-3,4	11 ^h 39 ^m Eintritt 12 ^h 38 ^m Austritt

Das Unternehmen Skylab bis Aufenthaltsende der ersten Mannschaft (I)

KARL-HEINZ NEUMANN

Die ersten Überlegungen zum Projekt Skylab stammen aus dem Jahre 1965. Im weiteren Verlauf, vor allem als infolge Mittelkürzungen die letzten vorgesehenen Apollo-Mondflüge abgesetzt worden waren, nahm der Plan Skylab konkretere Formen an. Möglicherweise hat auch die Tatsache, daß die Sowjetunion ihr Hauptaugenmerk in der Raumfahrtentwicklung auf die Schaffung bemannter Raumstationen richtete, dazu beigetragen, das Skylab-Projekt zu realisieren.

Bei der Raumstation Skylab handelt es sich um eine ausgebaute 8 IV-B-Stufe der Rakete Saturn 5. Zusammen mit dem angekoppelten Apollo-Fahrzeug hat Skylab eine Länge von 36 Metern, einen maximalen Durchmesser von 6,7 Metern und einen Rauminhalt von 316 m³. Die Masse in der Umlaufbahn beträgt 88 Tonnen.

Die Raumstation besteht aus 6 Hauptbauelementen. In der Raketenstufe sind zwei Stockwerke abgetrennt. Diese Räume werden auch als Orbital Workshop bezeichnet. Das untere Stockwerk (unten gesehen bei ihrer Stellung auf der Rakete) enthält die Schlafkabinen, einen Aufenthaltsraum, eine Küche und einen Experimentierraum. Der darunter liegende ehemalige Sauerstofftank wird als Abfallraum benutzt und kann abgeschlossen werden. Das obere Stockwerk beherbergt zahlreiche Instrumentenanlagen und besitzt außerdem zwei Luken für die Aussicht.

Darüber ist als nächstes Bauelement die Luftschleuse angeordnet, die es gestattet, ohne Evakuierung der großen Laborräume ein- und auszusteigen. Ferner finden wir vorn einen Mehrfachdockadapter. Eine Dockingluke befindet sich am vorderen Ende und eine zweite seitlich an dieser zylindrischen Einheit.

Nächstes Bauelement ist das angekoppelte Apollo-Fahrzeug mit dem Kommandomodul und dem Servicemodul; es dient nur für den Hin- und Rückflug der Besatzung. Wie noch zu zeigen sein wird, mußte es in der ersten Arbeitsperiode noch für andere Manöver genutzt werden.

Das Apollo-Teleskop ist während des Aufstiegs vor dem Skylab-Fahrzeug angebracht. Nach Erreichen der Erdumlaufbahn wird es rechtwinklig herausgeklappt. In ihm befinden sich sechs verschiedenartige Teleskopanlagen für Sonnenbeobachtung. (Vgl. auch „Raumstationen“, Astronomie und Raumfahrt, Heft 6/73).

Sechstes Bauelement ist eine in Form eines Ringes von 6,7 Metern Durchmesser am hinteren Ende der Skylab-Station angebrachte Instrumenteneinheit. Der Ring hat nur eine Höhe von 92 cm. Er wurde während des Starts, in der Aufstiegsphase und während der ersten Erdumkreisung benutzt. Seine batteriegetriebenen Instrumente ermöglichten eine Lebenszeit von etwa 8 Stunden. Die Aufgabe der dort untergebrachten Instrumente bezog sich auf die elektronische Verbindung mit der Träger Rakete und die Kommandoabgabe während des Anfangs des Erdumflugs. Dazu gehörte z. B. das Kommando zum Kippen des Apollo-Teleskops und zur Entfaltung der Solarzellenflächen.

Die Energieerzeugung bei Skylab erfolgt über Solarzellen. Dazu waren am Apollo-Teleskop vier windmühlentügelartige Solarzellenflächen angebracht, sie haben eine Spannweite von 31 Metern, ihre Gesamtfläche beträgt 112 m² und sie erzeugen eine elektrische Energie von maximal 10 kW bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlung. Seitlich befestigt waren zwei große Flächen (etwa 130 m²) auf denen sich 272640 Solarzellen befanden. Auch sie sollten maximal 10 kW Energie liefern. Wie noch zu erläutern ist, wurde eines der beiden Sonnenpaddel abgerissen und das zweite entfaltet sich anfangs nicht. Durch diese Pannen war das gesamte Skylab-Programm, welches mehr als 2,5 Milliarden Dollar gekostet hat, anfänglich in Frage gestellt.

Zunächst waren für Skylab 58 Bordexperimente vorgesehen, die aktive Lebensdauer der Station sollte 280 Tage betragen. An der Entwicklung der einzelnen Experimente und an der späteren Auswertung der gewonnenen Daten sind etwa 700 Wissenschaftler beteiligt, von denen rd. 200 aus nichtamerikanischen Ländern stammen. Die Zahl der Hauptexperimentatoren beträgt 202.

Die Aufgaben können in fünf Hauptgruppen zusammengefaßt werden: Erdbeobachtungen und Erdkundung, Sonnenbeobachtung und andere astronomische Beobachtungen, biologisch-medizinische Experimente, technisch-technologische Experimente und Operationsexperimente. Die Erd- sowie die Sonnenbeobachtungen haben den Hauptanteil an allen geplanten Untersuchungen.

Das ursprüngliche Programm sah den Start von Skylab (SL-1) mit einer zweistufigen Saturn 5 für den 14. Mai 1973 um 17.30 Uhr WZ vor. Einen Tag später sollte dann die erste Skylab-Besatzung mit einer Saturn 1-B mit dem Apollo-Raumfahrzeug folgen. Nach einem aktiven Rendezvous-Manöver sollte das Apollo-Fahrzeug an die Station ankoppeln und die Besatzung nach 28 Tagen in der Raumstation tätig sein. In der westlichen Literatur wird das Apollo-Fahrzeug für die erste Besatzung auch Skylab 2 (SL-2) genannt. Die Rückkehr der SL-2-Besatzung war für den 12. Juni 1973 geplant. Der Start der zweiten Mannschaft (SL-3) (Alan Bean, Owen Garriott und Jack Lousma) sollte am 8. August 1973 erfolgen, die Rückkehr am 3. Oktober, Starttermin für die dritte Mannschaft (SL-4) (Gerald Carr, Edward Gibson und William Pogue) war der 9. November 1973, am 4. Januar 1974 sollte sie zurückkehren. Wegen der noch zu beschreibenden Schwierigkeiten wurde am 14. Mai 1973 der SL-2-Start zunächst auf den 20. und schließlich auf den 25. Mai verschoben.

Zur unmittelbaren Vorbereitung für das Unternehmen Skylab wurde am 2. September 1972 die erste Stufe der Saturn 5 auf die Plattform des mobilen Startturms aufgesetzt. Am 22. September folgte dann die S-II-Stufe. Die Skylab-Raumstation wurde am 28. September aufgesetzt. Alle weiteren Baukomponenten (Luftschleuse, Ankopplungsstück, Apollo-Teleskop, Instrumentenring und Nutzlastverkleidung) waren bis zum 29. Januar 1973 im großen Montagehaus im Kennedy-Space-Flight-Center angebracht worden. Eine Überprüfung aller einzelnen Systeme und ihres Zusammenwirkens folgte. Die Nahrungsmittel und die notwendigen Ausrüstungsgegenstände wurden an Bord gebracht. Am 16. April 1973 schließlich fuhr die mobile Startplattform die Rakete zum Startkomplex 39 A.

Verglichen mit den Saturn 5-Raketen für den Mondflug war die Saturn 5-Skylab um rund 5,7 Meter kleiner (Höhe 105 Meter). Die Startmasse war mit 2822 Tonnen um etwa 10 Tonnen geringer als die der Saturn 5-Raketen für die Mondflugunternehmen.

Am 26. März 1973 wurde die Saturn 1-B-Rakete aus der Montagehalle zum Startkomplex 39 B gebracht. Auch hier wurde die gleiche mobile Startplattform verwendet. Wegen der geringeren Höhe der Saturn 1-B-Rakete stand diese nicht direkt auf der Plattform, sondern auf einem Gittergerüst, welches fast so hoch war wie die Rakete selbst. Der Countdown-Demonstrationstest für SL-1 erfolgte zwischen dem 26. April und dem 2. Mai 1973. Die Zündung wurde simuliert, ebenso das Abheben der Rakete. Für die SL-2 erfolgte der gleiche Test zwischen dem 25. April und dem 4. Mai 1973. Am 9. Mai begann

dann das eigentliche Countdown für beide Raketenysteme gleichzeitig. Letzte Arbeiten waren die Installation des Meteoritenschutzschildes von Skylab, der Einbau der Batterien für den Flug sowie das Betanken der Brennstoffzellen des Apollo-Fahrzeugs. Der Countdown verlief ohne Zwischenfälle.

Rund 900 Techniker und Ingenieure waren in den beiden Startkontrollräumen des Startkomplexes 39 tätig. Bis kurz vor dem Start gab es keinerlei Zwischenfälle, das Wetter war sonnig, aber der Himmel teilweise bewölkt. Eine Minute vor dem Abheben der Trägerrakete wurden alle Tanks unter Druck gesetzt und auf die innere Energieversorgungsanlage der Rakete umgeschaltet. 30 Sekunden vor dem Start wurden die Halte- und Montagearme des mobilen Startturms abgeklappt. 8,9 Sekunden vor dem Abheben zündeten die Triebwerke und genau um 17.30 Uhr WZ hob sich am 14. Mai 1973 die Saturn 5-Rakete ab. 11,25 Sekunden nach dem Abheben hatte die Rakete das obere Ende des mobilen Startturms passiert. Wenig später verschwand sie in den relativ tief hängenden Wolken.

Der Brennschluß der ersten Stufe erfolgte genau nach Flugplan und auch die 5 Triebwerke der zweiten Stufe zündeten einwandfrei. Nach 250 Sekunden hatte die Rakete bereits eine Höhe von 200 km erreicht und war 315 km vom Startort entfernt. Die Geschwindigkeit betrug 3,4 km/sec. Die Flugbahn wurde dann immer flacher und verlief nach 7,5 Minuten bereits nahezu parallel zur Erdoberfläche. Die Höhe betrug zu diesem Zeitpunkt 395 km, die lineare Entfernung 1150 km. Auch der Brennschluß der zweiten Stufe, die Trennung der Nutzmasse, erfolgte genau nach Plan. Nach 12,5 Minuten wurde Skylab mit seinem vorderen Ende in Richtung Erdoberfläche gedreht. Kurz danach wurde die Nutzlastverkleidung abgesprengt. Sie bestand aus vier Einzelteilen, die sich ebenfalls in der Erdumlaufbahn befinden. Bei der optischen Beobachtung von Skylab wurden von den einzelnen Beobachtern bis zu acht Objekte in der Umlaufbahn festgestellt. Vier davon sind die Nutzlastverkleidungen, eines die letzte Raketenstufe, ein weiteres ist ein abgesprengter Strahlungsschutzschild; dazu ein nichtidentifiziertes Objekt, sehr wahrscheinlich die abgerissene Solarzellenfläche.

Bei dem Apollo-Mondflugprogramm bestand während der gesamten Zeit (außer wenn sich das Fahrzeug hinter dem Mond befand) Funkverbindung mit der Bodenzentrale. Beim Skylab-Unternehmen war das nicht möglich. Es wurden 13 Bodenstationen des amerikanischen Spaceflight Tracking and Data Network (STDN) eingeschaltet. Nur im Bereich der einzelnen Stationen bestand direkte Funkverbindung. Zwischen den sich nicht überlappenden Empfangsbereichen wurden die Daten an Bord gespeichert und beim Erreichen des Empfangsbereichs der nächsten Station in schneller Folge übertragen. Das Bodensystem des Hauptkontrollzentrums in Houston war deshalb nicht zu jedem Zeitpunkt über den Zustand der Station informiert.

Zwanzig Minuten nach dem Start war den empfangenen Meßdaten zu entnehmen, daß das Auskippen des Apollo-Sonnen-teleskops planmäßig erfolgt ist und daß es in dieser Lage verriegelt wurde. 6 Minuten danach waren auch die windmühlentypischen Solarzellenflächen entfaltelt. 53 Minuten nach dem Start gab der Flugdirektor Donald R. Puddy bekannt, daß alles nach Plan verläuft. Die beiden großen Solarzellenflächen am Hauptkörper der Skylab-Station hätten zu diesem Zeitpunkt auch bereits aufgeklappt sein müssen. Doch erst zwei Stunden nach dem Start wurde bekannt gegeben, daß sie sich nicht entfaltelt haben. Den Meßwerten war ferner zu entnehmen, daß auch die Meteoritenschutzhaute sich nicht entfaltelt hatte. Sie besteht aus einer 0,6 mm dicken Aluminiumfolie. In der Aufstiegsphase lag sie eng an der Skylab-Zelle an; sie sollte durch ein Federsystem nach dem Erreichen der Erdumlaufbahn auf 12 cm Abstand vom Hauptkörper gebracht werden. Diese Aluminiumschutzschicht sollte außerdem als passiver Wärmeschutzschild für die Raumstation wirksam werden.

Schon drei Stunden nach dem Start begann man sich in Houston Gedanken darüber zu machen, auf welche Weise das Programm verändert werden könne, wenn nur 50 Prozent der notwendigen Energie zur Verfügung stehen. Zunächst wurde die Meinung vertreten, die Missionsdauer für die erste Besatzung nicht über die volle Länge von 28 Tagen auszudehnen. Noch am Abend des 14. Mai gab Startdirektor Schneider bekannt, daß der Starttermin für die erste Besatzung zunächst auf den 20. Mai verschoben wird. Am 15. Mai flog die Besatzung nach Houston zurück, um sich auf ein verändertes Programm vorzubereiten.

Neben den Energieschwierigkeiten und dem Fehlen der „Wärmeschutzhülle“ des Meteoritenschutzschildes traten noch Schwierigkeiten im Lagestabilisierungssystem auf. Verwendet wurden hierfür Drehmomentkreisel (Massenkreisel) mit einer Drehzahl von 9000 Umdrehungen pro Minute. Für jede der räumlichen Achsen sind zwei Kreisel vorhanden. Innerhalb von 14 Stunden wurden diese Kreisel auf ihre maximale Drehzahl gebracht. Die übertragenen Meßwerte zeigten, daß in einer Achse das Kreiselssystem keine vollständige Stabilisierung sicherte, ohne daß allerdings dabei die Gefahr des Taumelns der gesamten Station auftrat.

Schon am Abend des Starttages gab Startdirektor Schneider eine Erklärung über die Ursache des Versagens des Ausklappmechanismus der großen Solarzellenflächen. Er erklärte, daß bereits 63 Sekunden nach dem Abheben, also in einer Phase sehr hoher aerodynamischer Kräfte, sich die Folie gelöst habe. Durch aerodynamische Kräfte sei sie zum großen Teil abgerissen und zu einem Teil verbogen worden. Dabei sei der Federmechanismus für die beiden Solarzellenflächen durch Reste dieser Aluminiumfolie verklemt worden, wodurch sich die Solarzellenflächen nicht entfalten konnten. Er deutete auch an, daß dadurch Schwierigkeiten in der Temperaturregelung zu erwarten seien. Die passive Temperaturregelungsanlage war zerstört, die Oberfläche des Hauptteils der Skylab-Station besaß lediglich einen weißen Anstrich, welcher nicht in der Lage war, so viel Sonnenenergie zu reflektieren, daß die Innentemperaturen in den notwendigen Grenzen blieben.

Die Außenhaut von Skylab erhitze sich an der Sonnenseite bis auf 160 Grad Celsius und die Temperatur im Inneren stieg bis auf 50 Grad Celsius (nach Presseberichten sogar bis auf 80 Grad Celsius) an. Hätte sich die Temperatur im Inneren der Station über mehrere Tage hinweg auf derart hohen Werten gehalten, so wäre sicherlich ein Teil der Nahrungsmittel am Bord verdorben und die Filme wären unbrauchbar geworden. Solche Temperaturen waren auch einer Besatzung unzumutbar.

Um die Temperatur herabzudrücken, veränderte man die räumliche Lage der Raumstation relativ zur Sonne. Sie wurde so gedreht, daß das vordere Ende der Station in Richtung Sonne zeigte. Dabei sank zwar die Temperatur, aber die Solarzellen des Sonnenteleskops standen nun etwa parallel zur Richtung der einfallenden Sonnenstrahlung. Damit fiel die Energieabsorption weiter ab. Man mußte sich deshalb mit dem Einschalten der Bordbatterien behelfen. Da aber die Kapazität der Bordbatterien naturgemäß beschränkt ist, war es notwendig, im Laufe des 15. und 16. Mai eine Kompromißlösung zu finden, bei der eine möglichst geringe Erwärmung, aber auch eine Energieerzeugung durch die Solarzellenflächen erfolgt. In der gegebenen Lage der Station relativ zur Sonne betrug die Innentemperatur am 22. Mai jedoch immer noch 40 Grad Celsius. Bei diesen Manövern wurde auch mehr Treibstoff für die Lagesteuerungsdüsen verbraucht als vorgesehen. Das Kreiselstabilisierungssystem war aber inzwischen voll funktionstüchtig geworden, wodurch sich in der weiteren Zeit Treibstoff sparen ließ.

Der Starttermin für die erste Besatzung war deshalb auf den 25. Mai verschoben worden. Man sah bereits eine Möglichkeit, die volle 28-Tage-Mission der Besatzung durchzuführen. Voraussetzung dafür war, daß es dieser gelingt, eine Wärmeschutzfolie (fälschlicherweise in der Presse als „Sonnensegel“ bezeichnet) auf der von der Sonne beleuchteten Seite der Station anzubringen. In einem großen Unterwasserbassin in Houston, in dem sich eine nachgebildete Skylab-Station befand, übte die erste Besatzung von Skylab das Anbringen der Wärmeschutzfolie.

Am 25. Mai 1973 um 13 Uhr WZ erfolgte der Start der Saturn 1-B-Rakete mit dem Apollo-Raumfahrzeug. An Bord befanden sich als Kommandant Charles (Pete) Conrad Jr., als Wissenschaftler Dr. Joseph P. Kerwin und als zweiter Pilot Paul J. Weitz.

Der Kommandant ist Captain der US-Navy, der Wissenschaftler Commander der US-Navy und der zweite Pilot ebenfalls Commander der US-Navy. Um 13 Uhr erreichten sie ihre Erdumlaufbahn und um 20.30 Uhr WZ näherten sie sich der Raumstation; sie umflogen zunächst die Station, um das Ausmaß der Schäden festzustellen. Dabei erkannten sie, daß eine der beiden Solarzellenflächen fehlt. Wie später festgestellt wurde, war diese bereits in der Aufstiegsphase durch aerodynamische Kräfte halb abgerissen und bei der Trennung von der zweiten Raketenstufe durch die Wirkung der Rückstoßraketen dieser Stufe völlig abgerissen worden. Die Astronauten führten zunächst ein Anflugmanöver aus. Sie näherten sich dabei der verbliebenen verklebten Solarzellenfläche. Einer der Astronauten versuchte, indem er sich aus der geöffneten Luke des Apollo-Fahrzeuges herausbeugte, mit einer langen Stange, die vorn mit einem Haken versehen war, die Solarzelle herauszuziehen. Ein zweiter Astronaut hielt ihn dabei an den Beinen fest, während der dritte die Steuerung des Apollo-Raumfahrzeuges übernahm. Diese Versuche, die von 22.45 Uhr bis 23 Uhr WZ dauerten, blieben erfolglos.

Die nächste Schwierigkeit ergab sich beim Andocken. Fünf Versuche schlugen fehl, erst beim sechsten am 26. Mai um 3.50 Uhr WZ gelang ein relativ hartes Ankoppeln an die Raumstation. Um 7.30 Uhr WZ am 26. Mai begab sich die Besatzung in die Luftschleuse und bereitete sich auf den Einstieg vor. Danach begann an diesem Tage die Mannschaft ihre Arbeit innerhalb der Station. Es stellte sich heraus, daß sich entgegen den Befürchtungen im Inneren kein Giftgas entwickelt hatte. Die Astronauten waren sicherheitshalber mit Gasmasken ausgerüstet worden. Die erste Arbeit war das Anbringen der Wärmeschutzfolie. Danach sank die Temperatur im Inneren von Skylab auf etwa 24 Grad Celsius. Bereits am 27. Mai begann die Besatzung mit ersten Experimenten und am 28. bzw. am 29. Mai war sie in der Lage, die Anlage zur Erdkundung und das Sonnenteleskop voll in Betrieb zu nehmen. Die Wärmeschutzfolie, die eine Fläche von ungefähr 60 m² hat und aus Nylon- und Mylarschichten besteht, deckte etwa 80 Prozent der vorgesehenen Fläche ab. In den nun folgenden Tagen wurde das Programm unter vermindelter Energiebilanz in Angriff genommen.

Die Temperatur in der Station lag noch immer zwischen 20 bis 30 Grad Celsius. Wegen des Ausfalls einiger Batterien in der zweiten Woche traten neue Energieprobleme auf. So entschlossen sich die Astronauten am 7. Juni auszusteigen und zu versuchen, den verbliebenen Solarzellenflügel frei zu bekommen. Um 15.15 Uhr WZ öffnete Conrad die Luke zum Ausstieg. Der Kommandant und Dr. Kerwin brauchten 1½ Stunden, um die Metallstreifen, die die Solarzellenfläche blockierten, zu zerschneiden. Es gelang ihnen danach, die Solarzellenfläche teilweise zu entfalten. Es hatte sich herausgestellt, daß die Schmierflüssigkeit gefroren war. Durch die Einwirkung der Sonnenwärme schmolz sie dann, so daß sich schließlich die Solarzellenfläche voll entfaltete. Nach einer Reihe weiterer kleinerer Reparaturen und Inspektionen wurde der erste Außen-aufenthalt nach 3 Stunden und 25 Minuten abgeschlossen. Mit dem Einsatz des Solarzellenflügels war die Energiekrise für Skylab überwunden.

Die Astronauten führten nun das wissenschaftliche Programm fort. Am 19. Juni um 10.53 Uhr WZ wurde die Ausstiegsluke erneut geöffnet. Der Kommandant Conrad und der zweite Pilot Weitz verließen die Raumstation, um das Filmmaterial aus dem Sonnenteleskop zu bergen. Vorher war festgestellt worden, daß eine der Batterien des Sonnenteleksops nicht richtig arbeitete. Conrad reparierte die Batterie durch einen Hammerschlag. Danach lieferte sie wieder die normale Energie von 250 Watt. Conrad barg die Filme und nahm eine Probe vom Material des Wärmeschutzschildes mit in die Station zurück. Diese Probe soll dazu dienen, auf der Erde die Veränderungen festzustellen, die in der Folge durch die Einwirkung des kosmischen Raumes entstanden sind. Die Ergebnisse der später durchgeführten Untersuchung konnten nutzbringend bei der Konstruktion des neuen Wärmeschutzschildes, den die zweite Mannschaft angebracht hat, verwendet werden. Dieser zweite Außen-aufenthalt wurde um 12.29 Uhr WZ beendet.

Es folgten nun die Vorbereitungen für die Rückkehr zur Erde. Am 22. Juni um 8.55 Uhr WZ trennte die in die Apollo-Kapsel zurückgestiegene Besatzung das Apollo-Fahrzeug von der Station. Vorher waren im Inneren der Station eine Reihe von Systemen stillgelegt und die Station auf die unbemannte Phase vorbereitet worden. Durch eine Reihe von Bahnänderungen wurde die Apollo-Kapsel schließlich auf die Rückkehrbahn gebracht. Um 13.40 Uhr WZ bekam das Bergungsschiff, der Flugzeugträger „Ticonderoga“ den ersten Radarkontakt mit der zur Erde zurückkehrenden Kapsel. Um 13.49 Uhr WZ warste die Apollo-Kapsel knapp 10 km vom Bergungsschiff entfernt. Der Landeort im Pazifik befand sich 1300 km südwestlich von San Diego. Um 14.28 Uhr WZ kam die erste Skylab-Mannschaft an Bord des Flugzeugträgers. Im Gegensatz zur Bergung der Astronauten, die vom Mond zurückkehrten, wurde hier ein anderes Verfahren angewendet. Die Mondflug-astronauten wurden an Bord eines Hubschraubers gezogen und landeten mit dem Hubschrauber auf dem Deck des Flugzeugträgers. Hier dagegen wurde die ganze Kapsel an Bord des Flugzeugträgers gehievt und die Astronauten stiegen aus. Die Missionsdauer von Skylab 2, der ersten bemannten Mission, betrug 28 Tage und 49 Minuten.

Der Gesundheitszustand der Astronauten war relativ gut, sie konnten – wenn auch durch Helfer gestützt – gehen. Es traten aber doch eine Reihe von Wiederanpassungsschwierigkeiten auf, die bei Dr. Kerwin am stärksten waren. Nach Ansicht der meisten Ärzte traten diese Störungen durch die normale Wiederaufnahme der Funktion des Vestibularapparates im Innenohr auf. Die Ergebnisse der Untersuchungen und die relativ schnelle Wiederanpassung an die irdischen Bedingungen, die ohne krankhafte Nebenerscheinungen vor sich gingen, führten zu dem Beschluß, die fast zweimonatigen Unternehmen Skylab 3 und Skylab 4 wie vorgesehen durchzuführen. Der Starttermin für Skylab 3 wurde auf den 28. Juli vorverlegt. Die Dauer dieses Unternehmens wurde um 3 Tage verlängert, so daß sie jetzt 50 Tage beträgt.

Bedingt durch die Schwierigkeiten am Beginn des Unternehmens Skylab 2 konnte das wissenschaftliche Programm nicht voll erfüllt werden. Es ergibt sich dabei folgendes Bild: Etwa 80 Prozent der vorgesehenen Sonnenbeobachtungen wurden ausgeführt. Das interessanteste wissenschaftliche Ergebnis ist die genaue Beobachtung des Verlaufs einer Sonneneruption am 15. Juni 1973. Elf der vierzehn vorgesehenen Erdkundungsbeobachtungen konnten durchgeführt werden. Dabei wurden 6 Instrumente benutzt. Die Daten gehen an 77 Hauptauftraggeber. Alle 16 medizinischen Experimente wurden ausgeführt. Sie begannen mit den Untersuchungen über die Zeit, die zur Adaption eines Menschen an die Schwerelosigkeit notwendig ist. Die Daten von 5 der sogenannten Studentexperimente wurden gewonnen. Zwei der Studentexperimente wurden für die zweite Mannschaft zurückgestellt. Es sind dies ED 12, Untersuchungen über Vulkanismus, und ED 22, Suche nach Objekten in der Merkurbahn.

Für die Sonnenbeobachtung ergibt sich als Ergebnis des ersten bemannten Unternehmens folgendes: Aufgewendete Beobachtungstunden 81. Bei insgesamt 76 Beleuchtungsperioden wurde die gesamte Zeit und bei 29 Perioden für einen Teil der Zeit die Sonne beobachtet. Bei den einzelnen Experimenten (vgl. Astronomie und Raumfahrt, Heft 6/73) wurden folgende Einzelbilder gewonnen: S052–4519 (geplant 8025), S054–6739 (geplant 6976), S056–4296 (geplant 6000), S082 A bis 219 (geplant 201), S082 B–1608 (geplant 1608). Es ergibt sich also eine Gesamtzahl von 17377 Sonnenaufnahmen gegenüber den geplanten 22810, das sind 76 Prozent. Die Experimente S052, S054 und S055 werden auch in der unbemannten Phase fortgesetzt.

Bei den Erdkundungsexperimenten wurden folgende Ergebnisse erzielt: Multispektralkamera S190 A–6500 Bilder, die Terrainkamera S190 B–960 Bilder, Infrarotspektrometer S191–5400 Bilder. Bei dem Abtastrsystem S192, beim Infrarot-

spektrometer S101 und bei den Mikrowellensensoren S193 und S194 wurden insgesamt rd. 13 km Magnetbandaufzeichnungen gewonnen.

Daten wurden gesammelt über 31 Staaten, wovon 6 nicht zu den USA gehören. Es sind dies Mexiko, Brasilien, Bolivien, Nikaragua, Kolumbien und Kanada. Ferner wurden Erdbeobachtungen des Golfes von Mexiko, der Karibischen See, des Pazifiks und des Atlantiks ausgeführt. Die Ergebnisse gehen an 75 Hauptauswerter, von denen 9 außerhalb der USA ansässig sind. Die Erderkundungsbeobachtungen erfolgten bei 11 Überfliegungen, wobei bei 5 von ihnen nicht die gesamte Zeit, in der sich die Raumstation über der Tagseite befand, genutzt wurde. Vorgesehen waren diese Untersuchungen bei 14 Überfliegungen, d. h. also 79 Prozent der vorgesehenen Werte wurden erreicht. Zusätzlich wurden 7460 Fotos ausgewählter Gebiete gewonnen. Vorgesehen waren 9000, d. h. diese Aufgabe wurde zu 93 Prozent erfüllt.

Für die medizinischen Untersuchungen wurden insgesamt 148 Mann-Stunden gegenüber den geplanten 158 Stunden aufgewendet, also 94 Prozent erfüllt. Außer in den ersten drei Tagen wurden alle geplanten Blut- und Urinproben sowie Fäkalienproben gesammelt.

Zu astronomischen Beobachtungen wurden 10 Passagen des Schattengebietes genutzt, 16 waren vorgesehen. Die technologischen Experimente wurden bis auf eines ausgeführt. Vier Experimente konnten nicht gemacht werden und zwar S020, T025, S015 und M555. Für die Studentenexperimente wurden 4-Mann-Stunden aufgewendet.

Literatur:

NASA NEWS Nr. 73-135/1973.

PRESS KIT (NASA: Skylab 3).

NASA-Veröffentlichung Skylab 2 First Manned Mission.

Astronautik, Heft 2/1973, S. 167 bis 174.

Verbreitung von Hörrundfunksendungen durch Satelliten

H. D. NAUMANN

Die Mehrzahl der bekannt gewordenen Publikationen, Projekte und Studien zur Frage des direkten Heimempfangs von Satelliten geht von der Ausstrahlung und Verbreitung von Fernsehprogrammen aus. Die Möglichkeiten der Verbreitung von Hörrundfunkprogrammen sind bisher kaum diskutiert worden. Als einer der Hauptgründe hierfür ist zweifelsohne die Versorgungssituation beider Medien zu betrachten. Während bei Hörrundfunkprogrammen heute in aller Welt ein quantitativ hohes Programmangebot vorhanden ist, ist das Fernsehprogrammangebot im Durchschnitt noch relativ gering. Eine Vielzahl von Ländern verfügt noch nicht über eine volle Versorgung des Territoriums mit Fernsehsendungen, zahlreiche Staaten haben das Fernsehen noch nicht eingeführt.

Fernsehdirektempfangsatelliten lassen deshalb von der Bedürfnisbefriedigung her gesehen höhere Nutzeffekte erwarten und können schwerwiegendere Versorgungslücken schließen als solche für den Hörrundfunk. Für die Perspektive ist die Nutzung von Satelliten für die Abstrahlung von Hörrundfunkprogrammen zum Zwecke des direkten Heimempfangs nicht unmöglich. Hervorzuheben ist, daß der Aufwand sowohl beim Empfänger als auch beim Satelliten wesentlich geringer ist als bei Fernsehsatelliten.

Bezüglich des Frequenzbereichs ergeben sich für den Rundfunkhörer optimale Bedingungen bei Ausstrahlung der Sendungen im UKW-Bereich um 100 MHz. Naheliegender ist die Nutzung des Bereichs von 100–108 MHz, da dieser international noch nicht einheitlich für terrestrische Rundfunksender genutzt wird. Der Empfang der Sendungen wäre in diesem Fall ohne zusätzliche Frequenzumsetzer und bei wirtschaftlich vertretbarer Satellitensendeleistung ohne spezielle Antennen möglich. Bereits bei einer Sendeleistung von 1 kW je abgestrahltem Programm wäre ein Empfang mit transportablen Geräten bei den heute üblichen Teleskopantennen gegeben. Die im UKW-Rundfunk übliche Frequenzmodulation ergibt auch für Satelliten günstige Bedingungen, da die erforderliche Sendeleistung geringer ist als für die beim Fernsehen angewandte Amplitudenmodulation.

Nachteilig sind die relativ großen Systemabmessungen beim Satelliten, bedingt durch die niedrige Betriebsfrequenz. Eine ausführliche Diskussion der Systemparameter wird von Stöhr in [1] vorgenommen. Danach erfordert eine Halbwertsbreite von 10°, mit der durch einen Synchronsatelliten ganz Europa und Teile Nordafrikas erfaßt würden, bereits eine parabolische Satellitensendeantenne von 23 m Durchmesser. Für eine alleinige Versorgung Europas wäre eine Halbwertsbreite von 4° notwendig, was einer Sendeantenne von 56 m Durchmesser entspräche! Derzeit mit Satelliten-Faltantennen maximal erreichte Abmessungen liegen bei 10 m (ATS V und ATS VI).

Diese Werte zeigen, daß ein UKW-Satellit nicht zur Versorgung kleinerer Staaten geeignet ist, sondern in jedem Fall einen größeren Überdeckungsbereich hat. Geht man von einem Antennendurchmesser von 20 m ... 25 m als in absehbarer Zeit maximal möglichen Wert aus, ist ein Versorgungsterritorium größer als Gesamt Europa minimal erreichbar.

Die notwendige Sendeleistung des Satelliten wird in [1] mit maximal 1 kW/UKW-Programm angegeben, wenn von der heute bei UKW-Empfängern mindest vorhandenen Empfindlichkeit sowie Richt- und Polarisationsfehlern ausgegangen wird, wie sie bei mobilem Betrieb auftreten. Da heute bereits wesentlich höhere Empfindlichkeitswerte realisiert werden, andererseits für die Mehrzahl der Empfangsfälle geringere Verluste angenommen werden können, kann man die Mindestsendeleistung des Satelliten mit 300 W pro Kanal veranschlagen. Unter Berücksichtigung dieser Werte kommt man zu einer Nutzlast eines Hörrundfunk-Helmempfangssatelliten von 300–500 kg, die auch mit kleineren Trägerraketen ins Weltall befördert werden kann [1].

Neben dem UKW-Bereich kommen auch für Hörrundfunksatelliten die in [2] angegebenen Frequenzbereiche im 2- und 12 GHz-Gebiet in Betracht, die dem Satellitendirektfunk zugewiesen sind. Gegenüber dem UKW-Bereich haben sie den Vorteil geringerer Systemabmessungen und kleinerer möglicher Versorgungsbereiche. Jedoch ist die erforderliche Satellitensendeleistung wegen der größeren Streckendämpfung höher, wegen der Möglichkeit der Anwendung der Frequenzmodulation im Gegensatz zur Restseitenbandamplitudenmodulation beim Fernsehen andererseits jedoch bedeutend geringer als bei einem Fernsehsatelliten. Für den Empfänger allerdings wäre der Aufwand höher, da in jedem Fall ein Frequenzkonverter und eine Spezialantenne erforderlich sind, deren Kosten in derselben Größenordnung liegen wie die der entsprechenden Zusatzeinrichtungen eines 12 GHz-Fernsehsatelliten. Es erscheint deshalb sehr fraglich, ob der 12 GHz-Bereich für Hörrundfunksatelliten zunächst in Betracht käme.

Zur Zeit gibt es keine Projekte für einen Hörrundfunksatelliten für direkten Heimempfang, die denselben Konkretisierungsgrad aufweisen, wie solche für Fernsehsatelliten. Trotzdem wird diese Variante für die perspektivische Entwicklung zu beachten sein. Ein UKW-Satellit stellt nicht nur für Staaten, die heute über kein oder zumindest kein nennenswertes Sendernetz im UKW-Bereich verfügen, eine ökonomische Variante zur kurzfristigen Erschließung des Gesamtterritoriums für den UKW-Hörrundfunk dar (z. B. von Interesse für Afrika, Arabien u. a.), sondern auch für die Ausstrahlung von Schulungsprogrammen oder für spezielle, u. U. internationale Informationsfunkdienste wie den Verkehrswarnfunk.

Literatur:

- [1] Stöhr, W.: Satelliten-Hörrundfunk. Rundfunktechn. Mitteilungen 13 (1969) 2, S. 58–63.
- [2] Naumann, H. D.: Fernsehdirekttempfang von Satelliten, Astronomie und Raumfahrt, Heft 6/73.

Amateure beobachten und berichten

Ermittlung einiger Bahnelemente der Erde aus Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers*

THOMAS BERTHOLD und ANDREAS NOLLAU

Anleitung: HELMUT BUSCH

1. Zusammenfassung

Aus Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers mit der Stoppuhrmethode werden die jeweiligen Entfernungen Erde–Sonne ermittelt. Zusammen mit den Längen der Erde in ihrer Bahn wird die Erdbahnellipse gezeichnet, aus der die Bahnelemente erhalten werden. Auf zwei verschiedene Sonnenradien wird hingewiesen.

2. Einleitung

Als Nicolaus Copernicus ein neues, die Astronomie revolutionierendes Weltbild aufstellte, behielt er die althergebrachten Kreisbahnbewegungen bei. Messungen mit den relativ groben Meßwerkzeugen

* Arbeit zum COPERNICUS-Jugendwettbewerb

der damaligen Zeit konnten die geringen Abweichungen der Erdbahn von einem Kreis nicht zeigen, was jedoch die große Leistung von Copernicus nicht schmälert. Erst Johannes Kepler gelang es nachzuweisen, daß die Bahnen der Planeten um die Sonne Ellipsen sind. Die Bahnform der Erde um die Sonne durch einfache Messungen zu ermitteln und daraus auf einige Bahnelemente zu schließen, war die uns gestellte Aufgabe.

3. Voraussetzungen

Um die Arbeit nicht übermäßig zu komplizieren und den Umfang in den durch die Zeit gegebenen Grenzen zu halten, wurden einige Konstanten und Werte als bekannt vorausgesetzt. Das sind:

- Die Größe der Astronomischen Einheit (AE) $149,598 \cdot 10^6$ km
 - Die Länge des tropischen Jahres (l^*) 365,2422 Tage
 - Der wahre Radius der Sonne ($R_\odot$) $696 \cdot 10^3$ km
 - Die Deklinationen der Sonne ($\delta_\odot$)
 - Die Längen der Erde in der Bahn ($l_\odot$)
- } Kalender für Sternfreunde 1971/72

4. Benutzte Geräte

Die Messungen wurden am Refraktor (162/2500 mm) der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha bei 62,5-facher Vergrößerung mit einer auf Gang kontrollierten Stoppuhr durchgeführt. Die Beobachtung der Sonne erfolgte im Projektionsverfahren bei einer Sonnenbildgröße von etwa 180 mm Durchmesser. Die Beobachtungszeiten besitzen einen Fehler bis ± 15 Minuten, was jedoch keinen wesentlichen Einfluß auf die Endresultate hat.

5. Beschreibung des Meßverfahrens

Unsere Meßreihe begann am 8. 10. 1971 und endete am 5. 10. 1972. Wöchentlich möglichst eine Messung durchzuführen, war unser Plan. Jedoch konnte es nicht so durchgeführt werden, da durch Schlechtwetter und schulische Pflichten Lücken entstanden.

Zunächst wurde das Sonnenbild auf dem Schirm scharf eingestellt. Der Projektionsschirm enthält ein Achsenkreuz, das entsprechend der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne orientiert wurde. Zu diesem Zweck benutzten wir einen Sonnenfleck. Er mußte bei richtiger Orientierung entlang dem Achsenkreuz (x-Achse) laufen.

War das getan, so wurde die Sonne außerhalb des Schirms gestellt und zur Zeit des 1. Kontaktes der Sonnenscheibe mit der y-Achse die Stoppuhr eingeschaltet. Beim letzten Kontakt erfolgte der Stillstand der Stoppuhr. Die so erhaltenen Durchlaufzeiten (t) wurden gemittelt und zusammen mit der mittleren Beobachtungszeit notiert.

6. Auswertung der Beobachtungen

6.1 Ermittlung des Abstandes Erde-Sonne ($a_\odot$)

Die Beobachtungsdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Zunächst haben wir die Beobachtungszeiten von Mitteleuropäischer Zeit (MEZ) in Weltzeit (UT) umgeschrieben, da die Ephemeriden im Kalender für Sternfreunde [2] in UT gegeben sind. Es war sehr nützlich für das umfangreiche interpolieren, daß wir die UT noch in Bruchteile des Tages ausrechneten (q).

Das geschah nach der Formel: $q = \frac{24^h}{UT}$ (Dezimal. Schreibw.)

Nun begann der eigentliche Rechenvorgang (vergl. dazu das Rechenbeispiel in Tabelle 2).

Aus [2] entnehmen wir die Deklination der Sonne ($\delta_\odot$), die durch Interpolation gefunden wurde. (Der Kosinus der Sonnendeklination wurde als Rechengröße mit interpoliert und notiert). Die Deklination der Sonne braucht man, um die Durchlaufzeit (t) auf den Himmelsäquator zu beziehen. Gleichzeitig wurde das Zeitmaß in Winkelmaß umgerechnet.

Also ergibt sich der scheinbare Sonnendurchmesser $d_\odot$ aus:

$$d_\odot = \frac{t}{4} \cos \delta_\odot \text{ oder}$$

$$q_\odot = \frac{t}{8} \cos \delta_\odot, \text{ wobei } q_\odot \text{ der scheinbare Sonnenradius ist.}$$

Die jeweilige Entfernung der Erde von der Sonne ($a_{\odot}^{\pm}$) ergibt sich aus Abb. 1.

$$\sin \varrho_{\odot} = \frac{R_{\odot}}{a_{\odot}^{\pm}}$$

$$a_{\odot}^{\pm} = \frac{R_{\odot}}{\sin \varrho_{\odot}} \quad \text{oder} \quad a_{\odot}^{\pm} = \frac{a_{\odot}^{\pm}(\text{km})}{149,598 \cdot 10^6 \text{ km}}$$

Ein Vergleich der beobachteten und der aus [2] entnommenen Werte erbrachte eine merkwürdige Tatsache. Fast sämtliche beobachteten Werte waren kleiner als die tatsächlichen, was zunächst nach einem systematischen Fehler aussah. Dadurch, daß am 22. 8. 1972 der gemessene scheinbare Radius der Sonne sehr genau dem im Kalender angegebenen ist, konnte gezeigt werden, daß kein Meßfehler vorliegen kann. Es gibt nur die einzige Möglichkeit, daß der wahre Radius der Sonne scheinbar größer als $696 \cdot 10^6 \text{ km}$ angenommen wurde. Eine kurze Rechnung ergab als wahren Radius der Sonne $697,121 \cdot 10^6 \text{ km}$! Das heißt, wir sehen die Sonne etwas größer als sie tatsächlich ist. Es handelt sich dabei um eine optische Täuschung.

Darum haben wir, um möglichst naheliegende Werte für die Bahnelemente der Erde zu erhalten, bei allen Rechnungen $R_{\odot} = 697,121 \cdot 10^6 \text{ km}$ angesetzt.

6.2 Fehlerausgleichung der $a_{\odot}^{\pm}$ -Werte

Entnimmt man nun aus [2] für den Beobachtungszeitpunkt die jeweiligen Längen der Erde in der Bahn und trägt sie zusammen mit den $a_{\odot}^{\pm}$ -Werten in ein geeignetes Diagramm ein, so ergibt sich eine sinusartige Kurve, wenn man die Punkte mit einem Kurvenlineal verbindet (Abb. 2). Aus dem Diagramm entnehmen wir die ausgeglichenen $a_{\odot}^{\pm}$ -Werte, die wir mit $\bar{a}_{\odot}^{\pm}$ bezeichneten. Dieses etwas abgewandelte Ausgleichsverfahren fanden wir in [2] 1954 S. 110 (Güntzel-Lingner: Eine einfache Methode

Tabelle 1: Beobachtungsergebnisse

Nr.	Datum	UT	q	t	n	Beobachter
1	8. 10. 71	12 ^h 45 ^m	0.53	128 ^o 7	6	Be
2	15. 10.	12 ^h 15 ^m	51	130 ^o 0	7	Be
3	20. 10.	9 ^h 00 ^m	38	131 ^o 0	14	Be
4	26. 10.	13 ^h 15 ^m	55	132 ^o 2	10	Be/No
5	4. 11.	13 ^h 15 ^m	55	134 ^o 1	7	Be
6	4. 1. 72	13 ^h 30 ^m	56	141 ^o 5	11	Be/No
7	6. 1.	10 ^h 25 ^m	43	141 ^o 1	14	Häu
8	12. 1.	10 ^h 05 ^m	42	140 ^o 3	16	Häu
9	12. 1.	13 ^h 30 ^m	56	140 ^o 4	3	Be/No
10	18. 1.	13 ^h 15 ^m	55	139 ^o 3	3	No
11	18. 2.	13 ^h 00 ^m	54	132 ^o 8	12	Be
12	22. 2.	13 ^h 00 ^m	54	131 ^o 7	12	Be
13	3. 3.	13 ^h 15 ^m	55	130 ^o 4	4	Be
14	3. 3.	13 ^h 15 ^m	55	130 ^o 4	4	No
15	9. 3.	13 ^h 00 ^m	54	129 ^o 5	2	Bu
16	9. 3.	13 ^h 15 ^m	55	129 ^o 6	8	Be/No
17	13. 3.	13 ^h 00 ^m	54	129 ^o 15	16	Be/No
18	15. 3.	11 ^h 00 ^m	46	129 ^o 0	4	Bu
19	22. 3.	13 ^h 00 ^m	54	128 ^o 6	15	Be/No
20	9. 4.	9 ^h 30 ^m	40	129 ^o 3	9	Be/No
21	14. 4.	13 ^h 00 ^m	54	129 ^o 4	10	Be
22	28. 4.	8 ^h 30 ^m	35	130 ^o 9	8	Be
23	17. 5.	12 ^h 30 ^m	52	134 ^o 4	6	Bu
24	24. 5.	8 ^h 30 ^m	35	135 ^o 4	4	Bu
25	5. 6.	13 ^h 00 ^m	54	136 ^o 8	12	Be/No
26	28. 6.	13 ^h 15 ^m	55	137 ^o 2	8	Be
27	2. 7.	7 ^h 00 ^m	29	137 ^o 0	9	Be
28	11. 7.	7 ^h 00 ^m	29	136 ^o 1	10	Be
29	19. 7.	6 ^h 30 ^m	27	135 ^o 0	10	Be
30	28. 7.	8 ^h 30 ^m	35	133 ^o 7	10	Be
31	1. 8.	7 ^h 00 ^m	29	132 ^o 0	8	Be
32	(gestrichen wegen großem Fehler)					
33	30. 8.	9 ^h 00 ^m	37	128 ^o 5	8	No
34	4. 9.	8 ^h 00 ^m	33	128 ^o 3	12	No
35	21. 9.	13 ^h 30 ^m	56	127 ^o 8	10	Be
36	4. 10.	11 ^h 00 ^m	46	128 ^o 5	10	Häu

Be = Berthold, Bu = Busch, Häu = Häußler, No = Nollau.

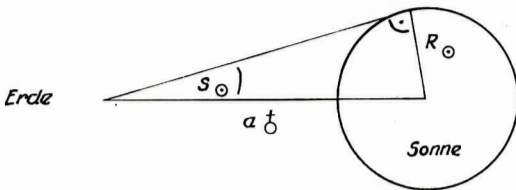


Abb. 1: Entfernung Erde-Sonne $a_{\odot}$.

Abb. 2: Diagramm zur Ausgleichung der $a_{\odot}$ -Werte und zur Ermittlung des Perihels/Aphels.

• = tatsächliche Werte, + = beobachtete Werte.

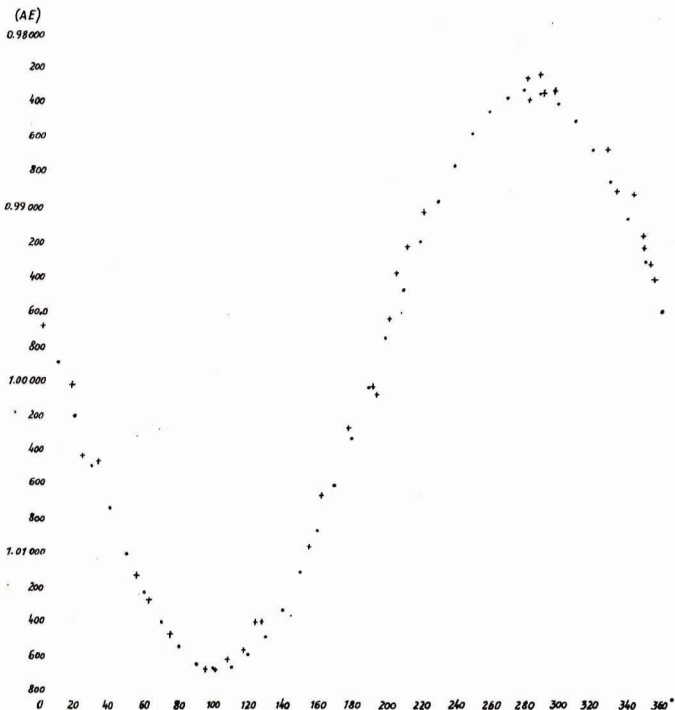


Tabelle 2: Rechenbeispiel

Nr. 19 22. 3. 72	13 ^h 00 ^m UT	q = 0,54
Be/No	t = 128°6	n = 15

$\delta_{\odot} = +0^{\circ}47'59''$	$\varrho_{\odot} = 16^{\circ}04'4$
$\cos \delta_{\odot} = 0,99990$	$\sin \varrho_{\odot} = 0,0046755261$
$d_{\odot} = \frac{128,6}{4} \cos \delta_{\odot}$	$a_{\odot} = 149,100 \cdot 10^3 \text{ km}$
$= 32,150 \cdot 0,99990$	$B = 0,99667 \text{ AE}$
$= 32,1468$	$R = 0,99669 \text{ AE}$
$= 32^{\circ}08'8$	$B-R = -0,00002 \text{ AE}$

zur Bestimmung der Bahn eines Doppelsterns) für Doppelsternbeobachtungen. $l_{\odot}^*$ - und $a_{\odot}^*$ -Werte findet man in Tabelle 3.

6.3 Beschreibung der Konstruktion der Erdbahnellipse (Abb. 3)

Für die Konstruktion verwendet man als geeigneten Maßstab 1 AE $\triangleq$ 250 mm. Die Sonne stellen wir in den Mittelpunkt eines Koordinatensystems. Die $l_{\odot}^*$ - und $a_{\odot}^*$ -Werte werden nun genau eingetragen und ergeben eine sehr schwache Ellipse. Um noch mehr Ellipsenpunkte zu erhalten, haben wir einige Originalpunkte gespiegelt. Die Lage der großen Achse ergab sich ungefähr aus der Zeichnung (Kreisbogen und halbierte Sehne), genauer aber durch die $a_{\odot}^*$ -Werte. Die kleine Achse ergab sich dann von selbst.

Auf der großen Achse der Ellipse liegt auch der Mittelpunkt M. Er ist 4 mm von F entfernt (254 – 250 = 4). Dieser Abstand $\overline{FM} = e$ ist die sog. numerische Exzentrizität. Aus der Zeichnung entnimmt man außerdem noch die Länge des Perihels π als Winkelabstand des Perihels vom (Widder)-Frühlingspunkt.

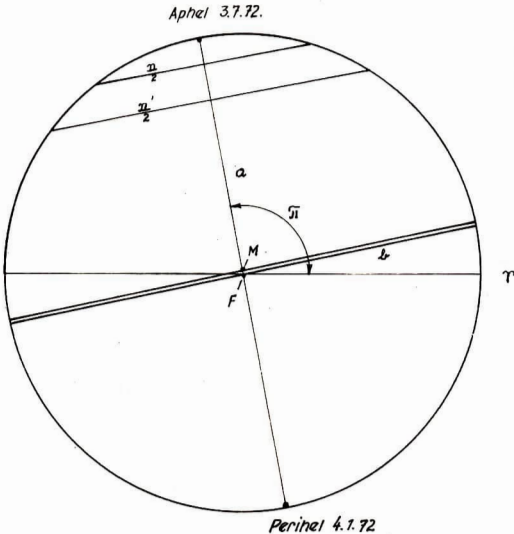


Abb. 3:
Schematische
Darstellung der
Konstruktion der
Erdbahnellipse
(hier als Kreis).

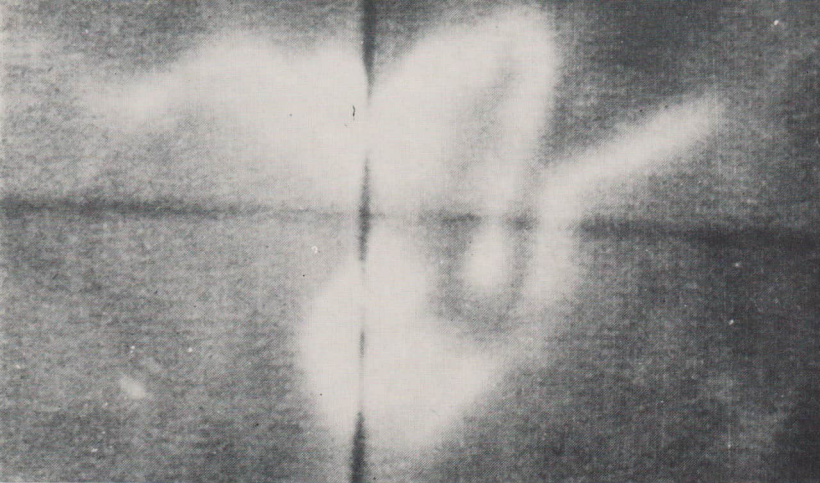
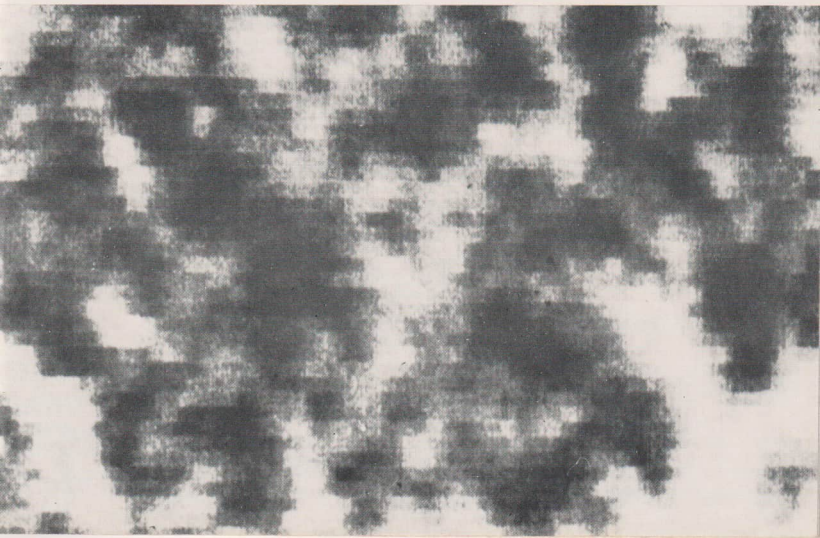


Abb. 1: Eine von Weitz fotografierte Sonneneruption, die am 15. Juni 1973 gegen 14^h01^m WZ auftrat. Sie hat einen Durchmesser von rund 40 000 km und befand sich auf der Westhälfte der Sonne.

Zum Beitrag S. 8: Das Unternehmen Skylab

Abb. 2: Eine Aufnahme der Mitte der Sonnenscheibe im Lichte der Lyman Alpha-Linie des Wasserstoffs (1216 Å). Abgebildet ist die obere Chromosphäre (Temperatur etwa 10 000 Grad Kelvin). Das aufgenommene quadratische Feld (hier beschnitten) hat etwa 5 Bogenminuten Kantenlänge (rund 200 000 km); es ist nach dem Scan-Verfahren abgetastet, deshalb die Streifenstruktur.



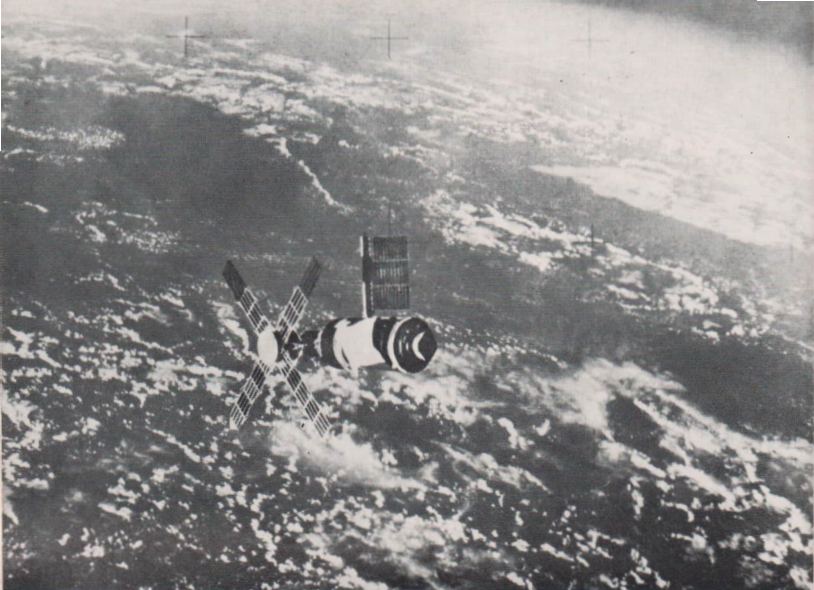


Abb. 3: Die Raumstation Skylab, aufgenommen von der ersten Besatzung bei einem Inspektionsflug aus der Apollokabine nach dem Abkoppeln am 22. Juni 1973. Vorn das ATM mit den 4 Solarzellenflächen, rechts davon der eine noch vorhandene Solarzellenflügel, dessen Entfaltung den Astronauten gelungen war, darunter die über dem Hauptkörper von ihnen aufgespannte Wärmeschutzfolie.

Zum Beitrag S. 8: Das Unternehmen Skylab

Abb. 4: Das Raumfahrtgelände des Kennedy Space Center auf Cape Canaveral. Die beiden ovalen hellen Flecke rechts sind die Startkomplexe 39 A und 39 B, von denen aus die Skylab-Station und ihre Besatzungen starteten. Entlang der Küstenlinie erkennt man andere Startkomplexe, sowie Straßen und Gebäude.



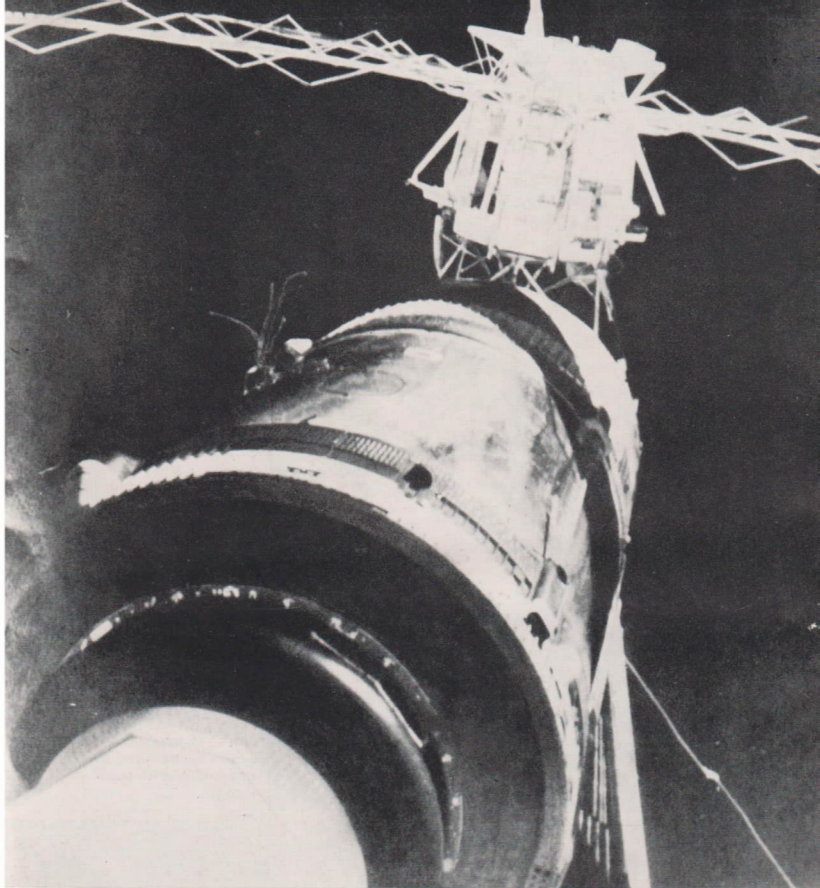


Abb. 5: Anblick der Raumstation, als die Astronauten sie erreicht hatten. Vorn das ATM, über dem Hauptkörper Drahtreste und andere Spuren des abgerissenen Solarzellenflügels des Orbital Workshops. Rechts unten erkennt man den zweiten nicht entfaltenen Solarzellenflügel.

Zum Beitrag S. 8: Das Unternehmen Skylab

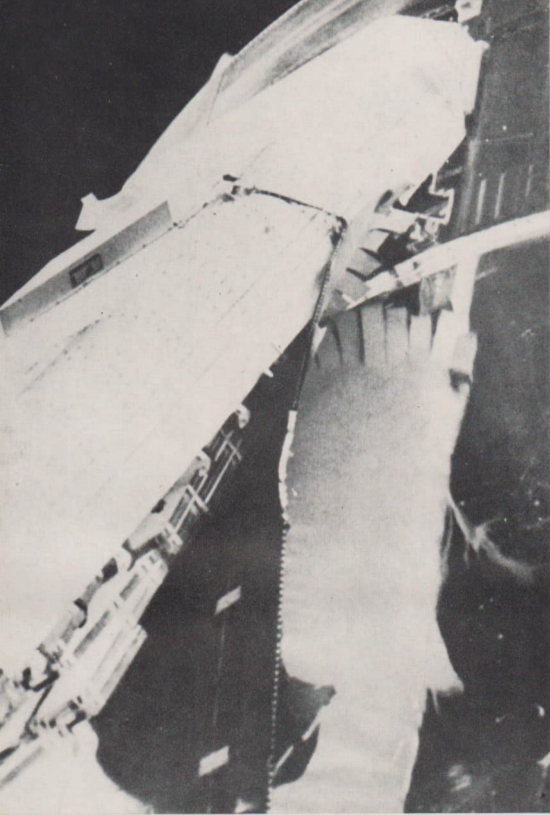


Abb. 6:

Auf diesem Bild erkennt man den nicht entfalten Solarzellenflügel, der durch einen Streifen Alu-Blech des z. T. abgerissenen Meteoritenschutzschildes festgehalten wird. Rechts weitere Reste der Meteoritenschutzfolie.

Zum Beitrag S. 8: Das Unternehmen Skylab

Abb. 7:

Ein Gebiet im westlichen Kentucky und südlichen Illinois, aufgenommen mit der 18-Zoll-Erderkundungskamera von Skylab nach dem Falschfarbeninfrarot-System für land- und forstwirtschaftliche Untersuchungen.



Tabelle 3: Ausgewertete Beobachtungen

Nr.	$\alpha \odot$ (AE)	tatsächl. Wert	B-R	$l \odot$	$\bar{\alpha} \odot$
1	1.00082	0.99909	+0.00173	194 ⁵	0.99900
2	0.99646	99712	— 66	201 ⁵	640
3	99389	99576	— 187	206 ⁵	490
4	99230	99404	— 174	212 ⁵	290
5	99030	99164	— 134	221 ⁵	040
6	98236	98323	— 87	283 ⁵	0.98280
7	98372	98325	+ 47	285 ⁵	280
8	98331	98346	— 15	291 ⁵	300
9	98216	98347	— 131	291 ⁵	300
10	98321	98383	— 62	297 ⁵	330
11	98673	98835	— 182	329 ⁵	720
12	98034	98919	+ 15	333 ⁵	790
13	98949	99154	— 205	343 ⁵	0.99020
14	98949	99154	— 205	343 ⁵	020
15	99245	99313	— 68	349 ⁵	210
16	99168	99313	— 145	349 ⁵	210
17	99348	99422	— 74	353 ⁵	380
18	99409	99424	— 65	355 ⁵	460
19	99667	99669	— 2	2 ⁵	670
20	1.00015	1.00184	— 169	19 ⁵	1.00200
21	00438	00331	+ 107	24 ⁵	380
22	00459	00569	— 110	33 ⁵	590
23	01109	01155	— 46	56 ⁵	1.01140
24	01252	01284	— 32	63 ⁵	270
25	01472	01480	— 8	75 ⁵	480
26	01675	01664	+ 11	97 ⁵	670
27	01681	01672	+ 9	100 ⁵	670
28	01622	01666	— 44	109 ⁵	640
29	01568	01621	— 53	117 ⁵	580
30	01338	01536	— 198	125 ⁵	500
31	01386	01491	— 103	129 ⁵	460
32	—	—	—	—	—
33	00955	00950	+ 5	157 ⁵	940
34	00664	00834	— 170	162 ⁵	1.00810
35	00286	00371	— 34	178 ⁵	370
36	00041	00009	+ 32	191 ⁵	0.99990

7. Ergebnisse

Aus den Messungen und der Auswertung der Zeichnungen und Tabellen ergaben sich folgende Resultate:

		(Tatsächl. Werte)
Aphelentfernung	$= 152,1 \cdot 10^6$ km	152,1 · 10 ⁶ km
Perihelentfernung	$= 147,0 \cdot 10^6$ km	147,2 · 10 ⁶ km
Numerische Exzentrizität e	$= 0,016$	0,0167
Länge des Perihels π	$= 283^\circ$ P. 4. 1. 72	282° P. 3. 1. 72
	101° A. 3. 7. 72	104° A. 6. 7. 72

8. Fehlerbetrachtung

Obwohl die Ergebnisse den wirklichen Werten recht nahe liegen, lassen sie sich noch verbessern. Durch Übung lassen sich die Meßfehler noch mehr verringern, wie Versuche ergaben. Dadurch wird das Diagramm (Abb. 2) noch exakter. Vor allem ist es notwendig, noch mehr $\bar{\alpha} \odot$ -Werte zu gewinnen, also häufiger Messungen durchzuführen, was bei den gegebenen Wetterbedingungen und auch aus Zeitgründen einfach nicht möglich war.

Literatur:

- [1] ABC Astronomie (Brockhaus) 1971.
- [2] Kalender für Sternfreunde 1954, 1971, 1972.
- [3] Achtstellige Logarithmentafel.

Helles Meteor beobachtet

Am 4. Oktober 1973 konnte ich 21.05 Uhr MEZ ein helles Meteor 2,5 Sekunden beobachten. Es hatte im visuellen Bereich eine Helligkeit von -8^m . Ich konnte 4 Ausbrüche feststellen, die jeweils verschiedene Farben zeigten. Der erste Ausbruch zeigte sich blau, wechselte dann über in grün, es folgte gelb und schließlich rot.

Von 7302 Hartha aus verlief die beobachtete Bahn von dem Stern α Her beginnend zwischen den Sternen α Her und α Oph hindurch bis etwa zu ϵ Oph. Weiterhin stellte ich ein Nachleuchten von 1 Sekunde fest.

Dieses Meteor gehört wahrscheinlich zu dem Meteorstrom der Draconiden, dessen Radiant im Sternbild Draco liegt. Die Draconiden zeigen am 9. Oktober günstigste Beobachtungsmöglichkeiten.

KLAUS HÄUSSLER

Für den jungen Amateur:

Ein Fernrohr zum Selbstbau

KARL-HEINZ GERMER

Von jungen Freunden der Astronomie wird häufig gefragt, mit welchen Mitteln sie sich – bei geringstem Kostenaufwand – ein eigenes Beobachtungsinstrument bauen können, das außerdem geeignet ist, Gestirnskoordinaten mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen.

Für jene jungen Freunde, die sich ein Fernrohr wirklich von Grund auf selbst bauen möchten, bieten sich zwei Möglichkeiten an. Entweder sie unterziehen sich der Mühe des Spiegelschleifens oder bauen sich einen kleinen Refraktor. Im ersten Falle bedarf es für den Anfänger schon der Anleitung durch einen Erfahrenen, wogegen der Bau eines Linsenfernrohrs weniger praktische Schwierigkeiten aufweist.

Wir bringen deshalb eine Bauanleitung für ein Linsenfernrohr, die keine zu hohen Kosten und auch keine speziellen praktischen Fähigkeiten abverlangt.

Die Redaktion

Bauanleitung

Teil 1 – Fernrohr

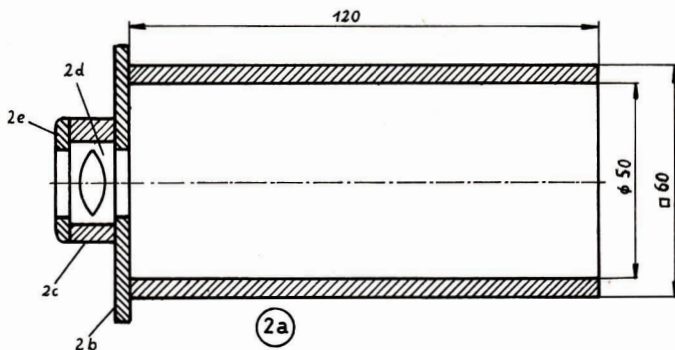
Zwecks einfacherer Konstruktion wurde für das Gehäuse ein quadratischer Querschnitt gewählt. Das Gehäuse (1a) wird aus vier Sperrholzplatten zusammengesetzt, die zuvor auf den Innenseiten geschwärzt werden. Die Okularführung (1b) wird in der gleichen Weise angefertigt und in Teil (1a) eingepaßt. Es empfiehlt sich jedoch, die Holzstärke geringer zu wählen, als in der Zeichnung angegeben, und dafür die Innenseite zur besseren Abdichtung mit Filz zu bekleben. Dabei muß darauf geachtet werden, daß später für Teil (2a) eine stramme Führung möglich ist. Die Platte (1c) dient lediglich einem sauberen Abschluß und wird auf (1a) und (1b) aufgeleimt. Beim Linsenträger (1d) richtet sich der Lochdurchmesser d nach dem Durchmesser der gekauften Linse und soll etwa 6 mm kleiner sein als dieser. Bei beiden Einzelteilen von (1d) wird auf der Innenseite der runde Rand abgefast, so daß die Linse fest zwischen beide Platten zu liegen kommt (vgl. Schnittzeichnung von Teil (1a)). Nach dem Einlegen der Linse werden beide Teile (1d) zusammengeleimt und winklig in Teil (1a) befestigt.

Teil 2 – Okular

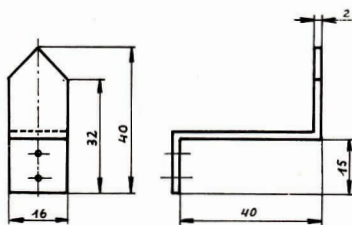
Der Tubus (2a) wird aus einem Stück Vierkantholz hergestellt, das axial durchbohrt und innen geschwärzt wird. Statt dessen kann man den Tubus auch in der gleichen Weise herstellen wie Teil (1a). Daß das Loch dadurch einen quadratischen statt runden Querschnitt erhält, stört nicht. Die Randplatte (2b) soll verhindern, daß der Tubus in das Gehäuse hineinrutscht. Als Okularlinse (2d) verwendet man eine handelsübliche Lupe mit Fassung, die eventuell noch rund zu feilen ist, mit 10- bis 12facher Vergrößerung. Der Durchmesser d_1 der Teile (2b) und (2c) soll etwa gleich dem Linsendurchmesser sein, der Durchmesser d_2 von Teil (2c) gleich dem Durchmesser der Fassung. Ebenfalls der Fassung angeglichen wird die Materialstärke von Teil (2c). Der Zusammenbau aller Teile 2 ergibt sich eindeutig aus der Schnittzeichnung von (2a).

Teil 3 – Sucher

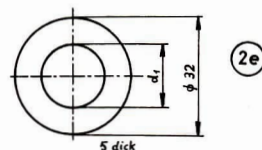
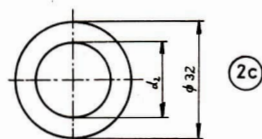
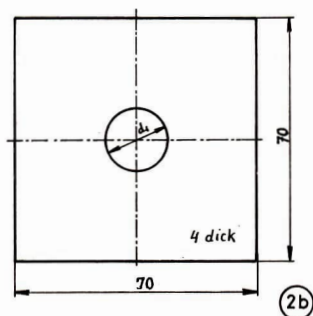
Der Sucher wird aus einem Stück Vierkantholz hergestellt, axial durchbohrt und bündig auf Teil (1a) aufgesetzt (vgl. Übersichtszeichnung).



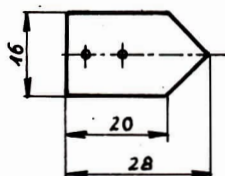
Teil 2: Okular.



Teil 7: Höhenzeiger.

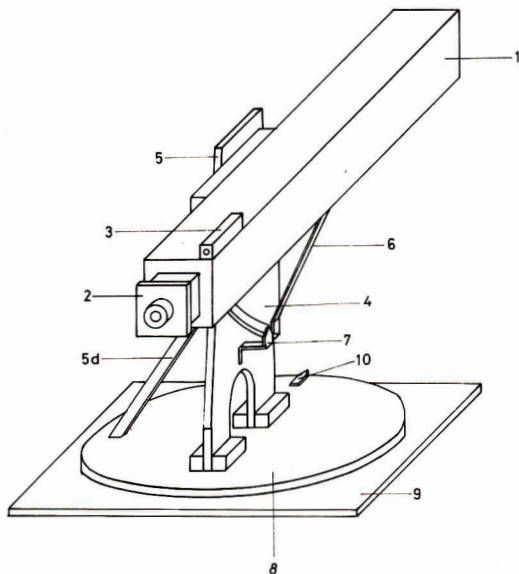


(2d) siehe Stückliste

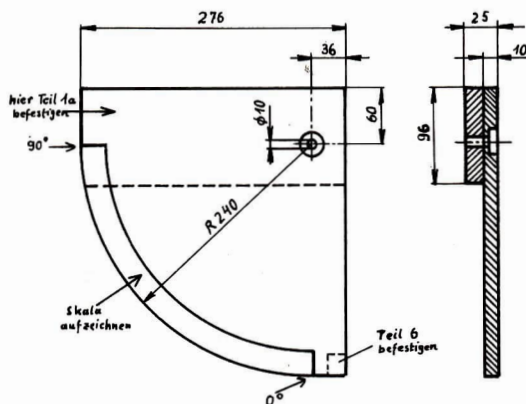


Teil 10:
Azimutzeiger.

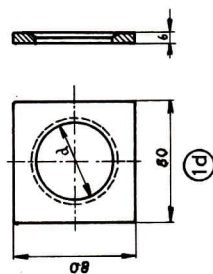
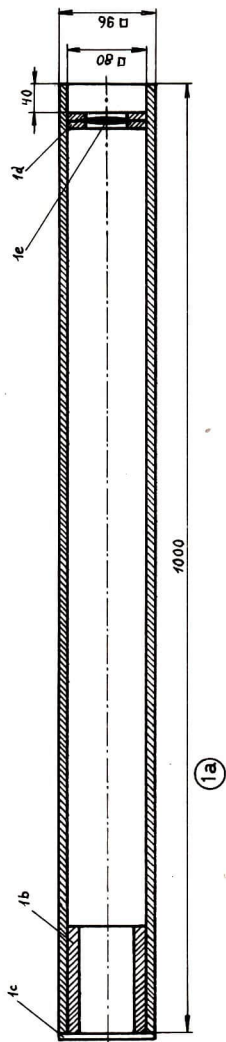
Übersichtszeichnung
(ohne Beine).



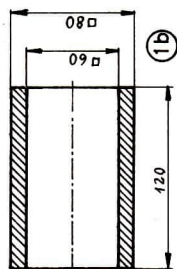
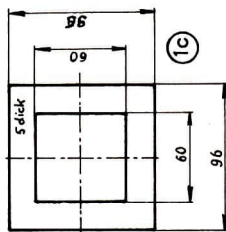
Teil 4: Höhenskala.



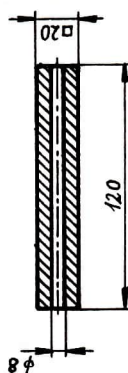
Teil 1: Fernrohr.

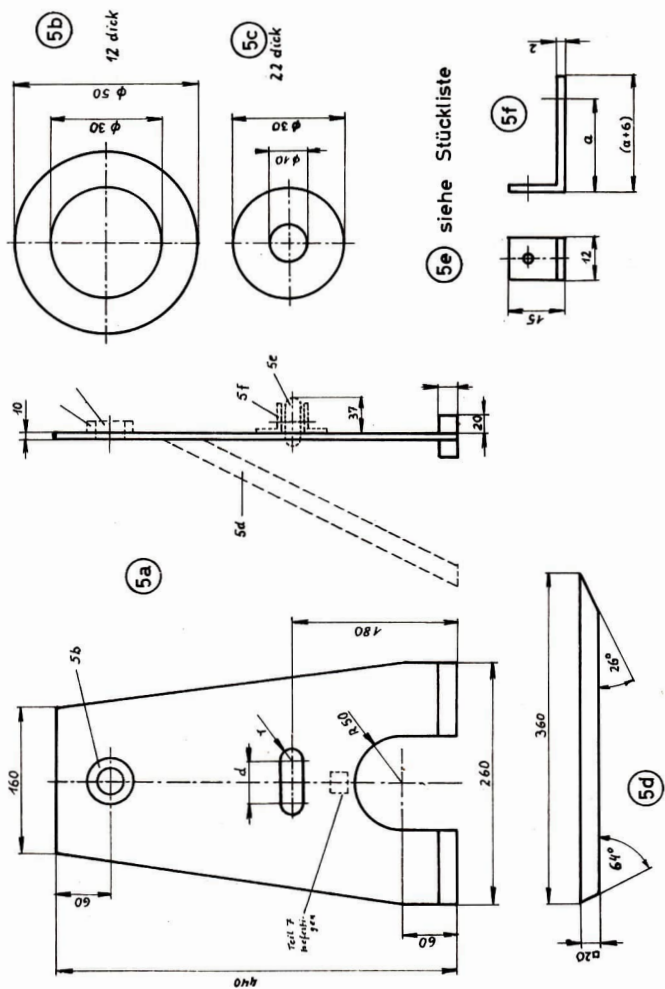


①e siehe Stückliste

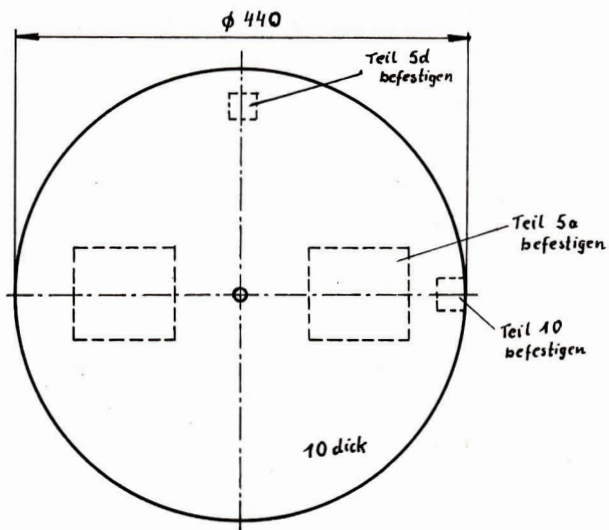
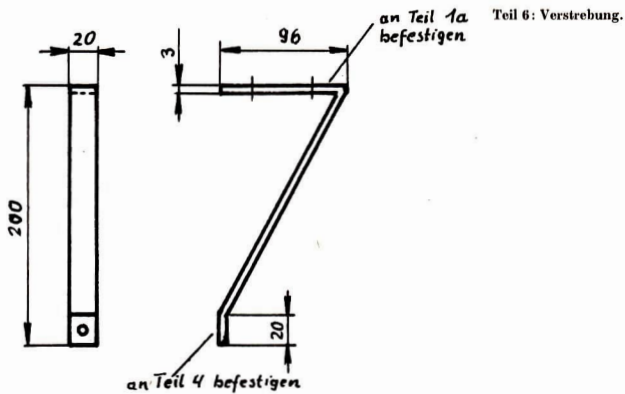


Teil 3: Sucher.

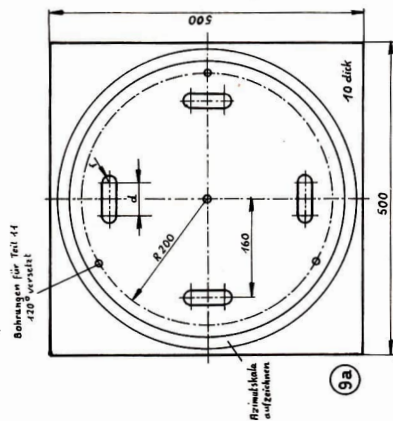




Teil 5: Fernrohrträger.



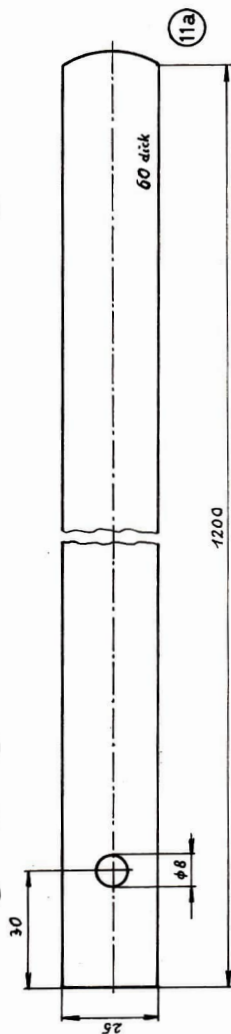
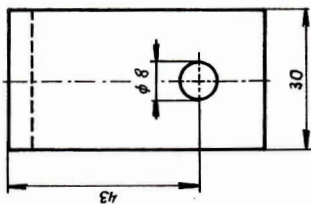
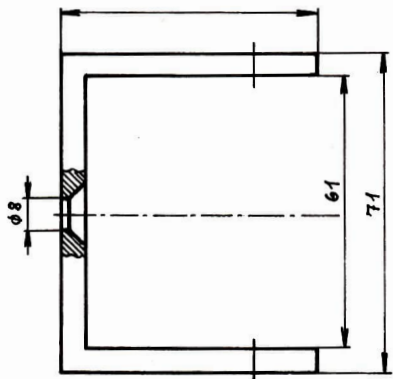
Teil 8: Drehscheibe.



9b wie 5e

9c wie 5f

11b



Teil 4 – Höhenskala

Die Höhenskala wird aus zwei Teilen zusammengesetzt und anschließend die Bohrung angebracht. Die Senkung richtet sich in Durchmesser und Tiefe nach der verwendeten Schraube. Am besten eignet sich eine Rundkopf-Schloßschraube M 10 von etwa 60 mm Länge. Wichtig ist, daß der Kopf völlig in der Senkung verschwindet, da Teil (4) später fest mit Teil (1a) verbunden wird. Da sich die Höhenskala einerseits leicht drehen, andererseits arretieren lassen muß, empfiehlt es sich, als Mutter eine große Flügelmutter mit Unterlegscheibe zu verwenden. Die Schraube wird durch Teil (5c) hindurchgeführt und auf der Rückseite von (5a) die Mutter aufgeschraubt. Die Azimutskala wird mit schwarzer Tusche aufgezeichnet, nachdem man vorher den Winkel-Viertel-Kreis grundiert hat. Hierzu eignet sich sehr gut gelbe Latexfarbe. Ein Überzug mit farblosem Lack schützt die aufgezeichnete Skala. Abschließend wird das Fernrohr (1a) auf der Vorderseite von Teil (4) aufgeleimt.

Teil 5 – Fernrohrträger

Die Platte (5a) wird ausgeschnitten und mit der Bohrung (Durchmesser 30 mm) für Teil (5c) versehen. Die zur Verstärkung dienenden Leisten am Fuß werden gesondert angefertigt und befestigt. Der Distanzring (5b) wird ausgeschnitten und ebenfalls gebohrt (30 mm). Die Führungsbuchse (5c) wird in Teil (5b) so eingepaßt, daß sie vorn bündig abschließt. Das hinten herausstehende 10 mm breite Stück wird in Teil (5a) eingesetzt und (5b) mit (5a) verleimt. Die Stütze (5d) wird nach dem Zusammenbau der Teile (5a) und (8) auf beiden befestigt. Das Führungsrad (5e) soll eine einwandfreie Führung der Höhenskala (4) gewährleisten. Man verwendet hierzu am besten ein handelsübliches Gummirad von etwa 45 bis 50 mm Durchmesser. Nach Durchmesser und Dicke des Rades richten sich die Maße d und r des Ausschnittes in Teil (5a) und das Maß a für den Bohrungsabstand in Teil (5f). d und r sind so zu wählen, daß das Rad allseitig etwa 2 bis 3 mm Luft hat. Das Maß a in (5f) ist so zu wählen, daß die vordere Lauffläche des Rades von der Platte (5a) einen Abstand von 37 mm (Dicke von Teil (4) plus Dicke von Teil (5b)) hat.

Beispiel: Hat das Rad einen Durchmesser von 45 mm, so muß a 14,5 mm betragen. Mit Hilfe der beiden Haltewinkel (5f) wird das Rad leicht drehbar an der Platte (5a) befestigt. (vgl. Seitenansicht von (5a)).

Teil 6 – Verstrebung

Die Verstrebung wird aus Stahlblech zurechtgebogen, gebohrt, an die Teile (1a) und (4) angepaßt und mit Holzschrauben befestigt.

Teil 7 – Höhenzeiger

Der Höhenzeiger wird aus Stahlblech zurechtgebogen, gebohrt und mit Holzschrauben so an der Platte (5a) an der bezeichneten Stelle befestigt, daß die Zeigerspitze bei waagerechter Fernrohrstellung genau auf die Nullmarke der Höhenskala zeigt.

Teil 8 – Drehscheibe

Die Drehscheibe wird ausgeschnitten, in der Mitte gebohrt (Durchmesser 10 mm) und an der bezeichneten Stelle fest mit den Teilen (5a) und (5d) verbunden.

Teil 9 – Grundplatte

Nach dem Ausschneiden wird die Platte an den vier bezeichneten Stellen gebohrt: Zentralloch 10 mm, Löcher für Teil (11b) 8 mm Durchmesser. Für die Laufräder (9b), das Maß a für die Haltewinkel (9c) und die Maße d und r für die Ausschnitte in der Grundplatte (9a) gilt dasselbe wie bei Teil (5). Zu beachten sind jedoch folgende Unterschiede: Die Haltewinkel werden an der Unterseite der Platte angeschraubt; die Lauffläche der Räder soll etwa 8 bis 10 mm oberhalb der Platte liegen!

Beispiel: Bei einem Raddurchmesser von 50 mm muß das Maß a also 5 bis 7 mm betragen! Die Azimutskala (0° bis 360°) wird genau so aufgezeichnet wie die Höhenskala bei Teil (4).

Teil 10 – Azimutzeiger

Der Zeiger wird aus Stahlblech ausgeschnitten, gebohrt und mit Holzschrauben an der bezeichneten Stelle von Teil (8) aufgeschraubt.

Linke Seite: Teil 11 = Ständer, Teil 9 = Grundplatte.

Teil 11 – Ständer

Beine (11a) und Halter (11b) müssen sehr stabil sein, um einen festen Stand des Gerätes zu gewährleisten. Die Herstellung der Beine (11a) ergibt sich aus der Zeichnung. Sollte die Herstellung der Halter (11b) zu kompliziert sein, lassen sich statt dessen auch je zwei Stücke Winkelstahl in den gegebenen Dimensionen verwenden, die dann von außen gegen die Beine geschraubt werden (ähnlich Teile (5f)). Dementsprechend sind dann natürlich auch die Bohrungen in der Grundplatte (9a) anzubringen. Die Halter werden mit Senkkopfschrauben M 8 unter der Grundplatte (9a) befestigt. Darauf achten, daß die Schrauben oben nicht zu weit überstehen! Zur Befestigung der Beine an den Haltern verwendet man am besten Sechskantschrauben M 8 mit Flügelmuttern, etwa 80 mm lang. Durch Verstellen der Beine lassen sich geringfügige Geländeunebenheiten ausgleichen.

Zum Schluß wird die Grundplatte (9a) mit der Drehscheibe (8) und dem darauf befestigten Fernrohrträger (5) durch eine Schraube M 10 lose verbunden.

Zwecks besserer Haltbarkeit empfiehlt es sich, alle geleimten Bauteile zusätzlich durch Nägel oder Schrauben zu verbinden.

Anstelle von Sperrholz kann man auch Hartfaserplatten verwenden, die allerdings doppelt verleimt sein müssen. Die sich dadurch ergebenden Abweichungen von den in der Zeichnung genannten Maßen sind zu berücksichtigen.

Der optische Teil entstammt einem Vorschlag aus dem Methodischen Handbuch für den Lehrer, Astronomie-Unterricht, VEW Berlin, 1960, Seite 23.

Stückliste

Teil-Nr.	Benennung	Stückzahl	Maßstab der Zeichnung	Material
1	Fernrohr			
1a	Gehäuse	1	1 : 4	Sperrholz
1b	Okularführung	1	1 : 2,5	Sperrholz
1c	Verschlussplatte	1	1 : 2,5	Sperrholz
1d	Lintenträger	2	1 : 2,5	Sperrholz
1e	Objektivlinse	1		Brillenglas + 1 Dioptrie
2	Okular			
2a	Tubus	1	1 : 1	Buche oder Kiefer
2b	Randplatte	1	1 : 1	Sperrholz
2c	Lintenträger	1	1 : 1	Buche oder Kiefer
2d	Okularlinse	1		Lupe (10–12fach) mit Fassung
2e	Deckplatte	1	1 : 1	Sperrholz
3	Sucher	1	1 : 2,5	Buche oder Kiefer
4	Höhenskala	1	1 : 4	Sperrholz und Buche oder Kiefer
5	Fernrohrträger			
5a	Platte	1	1 : 4	Sperrholz
5b	Distanzring	1	1 : 1	Buche oder Kiefer
5c	Führungsbuchse	1	1 : 1	Messing oder Stahl
5d	Stütze	1	1 : 4	Buche oder Kiefer
5e	Führungsrad	1		handelsübliches Gummirad
5f	Haltewinkel	2	1 : 1	Stahlblech
6	Verstrebung	1	1 : 4	Stahlblech
7	Höhenzeiger	1	1 : 1	Stahlblech
8	Drehscheibe	1	1 : 5	Sperrholz
9	Grundplatte			
9a	Platte	1	1 : 5	Sperrholz
9b	Laufgrad	4		handelsübliches Gummirad
9c	Haltewinkel	8		Stahlblech
10	Azimuthzeiger	1	1 : 1	Stahlblech
11	Ständer			
11a	Bein	3	1 : 1	Buche
11b	Halter	3	1 : 1	Profilstahl

1 Schraube M 10 mit Mutter, 35–40 mm lang zur Verbindung der Teile (8) und (9).

1 Schloßschraube M 10 mit Flügelmutter, 60–65 mm lang zur Verbindung der Teile (4) und (5).

3 bzw. 6 Senkkopfschrauben M 8 mit Mutter, 18 mm lang zur Verbindung der Teile (9) und (11b).

5 Gewindeboizen M 4 mit Muttern etwa 30 mm lang zur Verbindung der Teile (5e) und (5f) bzw. (9b) und (9c).

3 Schrauben M 8 mit Flügelmuttern, etwa 80 mm lang zur Verbindung der Teile (11a) und (11b).

etwa 17 Holzschrauben (Rundkopf) 3 × 15 mm zum Befestigen der Teile (5f), (6), (7), (9c) und (10).

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“

Seit dem Aufruf an alle Veränderlichenbeobachter im Heft 2/1973 unserer Zeitschrift ist die Zahl der Mitglieder ständig angewachsen und beträgt (Nov. 73) etwa 60. Die 1. Auswertung unserer Beobachtungen im Zeitraum bis 12. 5. 1973 erfolgte an diesem Tage. Die Mitglieder des Arbeitskreises trafen sich zum 2. Mal in der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha, um ihre Ergebnisse vorzulegen und ein weiteres Programm zu beschließen. Insgesamt wurden von 19 Beobachtern 12035 Einzelbeobachtungen vorgelegt. Davon sind 4195 visuelle Beobachtungen.

7618 Einzelschätzungen an *kurzperiodischen Veränderlichen* ergaben 237 Minima bzw. Maxima, 1046 Einzelschätzungen an *Mirasternen* lieferten 22 Maxima und 3371 Einzelschätzungen wurden an *halb- und unperiodischen Veränderlichen* durchgeführt.

Die Ergebnisse werden in den Fachpublikationen „Mitteilungen über Veränderliche Sterne“ Sternwarte Sonneberg, „Mitteilungen der Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha“ oder „Informationsbulletin Veränderliche Sterne, Komm. 27 der I. A. U.“ Budapest veröffentlicht und damit der Fachastronomie zur Verfügung gestellt. Ein erweitertes Beobachtungsprogramm bis Frühjahr 1974 wurde beschlossen.

Es zeigten sich aber auch Schwächen in der Arbeit. Viele der neuen Mitglieder sind Anfänger und stehen vor Problemen. Ihnen zu helfen, war Zweck einer 3. Zusammenkunft in der Sternwarte Hartha am 20. 10. 73. Es nahmen 27 – vorwiegend junge Amateure aus der gesamten Republik an dieser Weiterbildungsveranstaltung teil und erfuhren, wie man Veränderliche auffindet, beobachtet, visuell oder photographisch untersucht, wie man ein Programm aufstellt, wie die Auswertung der Beobachtungen erfolgt, Beobachtungsfehler vermieden werden können u. a.

Die 4. Zusammenkunft ist für das Frühjahr 1974 geplant, wo die 2. Auswertung der Beobachtungen (Mai 1973 bis Frühjahr 1974) erfolgen soll.

HELMUT BUSCH

Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Erfurt

Im Bezirk Erfurt bestehen z. Z. neun Fachgruppen (Apolda, Arnstadt, Eisenach, Erfurt, Gotha, Nordhausen, Thal-Ruhla, Sondershausen, Weimar), die mit einer Ausnahme aktiv sind. Das tritt auch in dem Bemühen zu Tage, neue Beobachtungsmöglichkeiten zu schaffen und die vorhandenen Geräte zu vervollkommen und zu ergänzen. Besondere Erfolge hat dabei die Fachgruppe Ruhla-Thal aufzuweisen, die einen guten Kontakt mit dem Ruhlaer Uhrenwerk hat. Durch die Initiative des Bfr. Ellzer in Thal ist in Ruhla ein gut eingerichtete Volksternwarte ihrer Bestimmung übergeben worden.

In Gotha ist die alte Sternwarte auf dem Gallberg wieder benutzbar gemacht worden. Damit wurde ein Projekt verwirklicht, um das sich der bisherige Fachgruppenleiter, Bfr. Gruber, jahrelang bemühte.

Auch Nordhausen hat jetzt eine kleine Sternwarte, und in Sondershausen ist vor einigen Monaten auf dem im alten Schloßpark stehenden Achteckurm eine gut eingerichtete Beobachtungsstation eingeweiht worden. In Erfurt dient die Volksternwarte der Kulturbund-Arbeitsgemeinschaft.

Die Instrumente, über die Apolda verfügt, können z. T. auch Ansprüchen genügen, die über die Amateurausstattung hinausgehen. Die Leiter von sechs Fachgruppen sind Lehrer. Die neugegründete Arbeitsgruppe in Sondershausen, deren Mitglieder zunächst noch Jugendliche sind, leitet ein Schüler der Klasse 12. Jugendliche arbeiten auch in Erfurt, in Nordhausen und in Apolda mit, wo Bfr. Dipl.-Astr. Bartl die Facharbeiten leitet.

Die Zusammenarbeit mit den Schulen (zur Unterstützung der Schülerbeobachtungen im Astronomieunterricht) ist im Bezirk in einer vom Kulturbund mit der Abteilung Volksbildung beim Rat des Bezirkes abgeschlossenen Vereinbarung geregelt, um deren Zustandekommen sich besonders der Sekretär der Natur- und Heimatfreunde des KB im Bezirk Erfurt, Bfr. Köhne, bemüht hat.

Wenn auch noch nicht alle Astronomielehrer die ihnen hierdurch gebotenen Möglichkeiten voll ausschöpfen, bietet doch die Tatsache, daß viele Fachgruppenleiter Lehrer sind, eine gewisse Gewähr, daß die im Lehrplan vorgeschriebenen Beobachtungen am Instrument nicht zu kurz kommen. Schließlich dient es auch dem Astronomieunterricht an unseren sozialistischen Oberschulen, daß Lehrer des Bezirkes, die eine Zusatzlehrerbefähigung im Fach Astronomie erwerben wollen und deshalb an einem Lehrgang der Universität Jena teilnehmen, ihr vorgeschriebenes Beobachtungsprogramm unter der Leitung einer Fachgruppe des Kulturbundes durchführen. Das ist z. B. an der Volksternwarte Erfurt der Fall.

Neben der Arbeit mit der Jugend und der Zusammenarbeit mit den Schulen steht in unserem Bezirk die populärwissenschaftliche Arbeit durch Vortragsveranstaltungen und Fernrohrbeobachtungen an erster Stelle. Sie hat u. a. die Zielstellung, den Besuchern das materialistische Weltbild nahezubringen und an Beispielen der astronomischen Forschungsobjekte zu verdeutlichen. Durch diese Tätigkeit suchen die Fachgruppen als Glieder des Kulturbundes der DDR einer ihrer wichtigsten Aufgaben gerecht zu werden.

Noch wenig entwickelt ist im Bezirk die eigentliche astronomische Amateurtätigkeit. Am Bemühen, sie zu fördern, hat es nicht gefehlt. Alle Versuche, sie zunächst mit Mond- und Planetenzeichnungen aus Anfängen zu entwickeln, hatten nur bei Jugendlichen einige Erfolge. Als positive Ausnahme mag Apolda gelten.

Gemeinsame Zusammenkünfte der Mitglieder der astronomischen Fachgruppen können infolge der Entfernungen im Bezirk und teilweise ungünstiger Verkehrsbedingungen nur in größeren Zeitabständen durchgeführt werden. Da sie zweitägig sein müssen, können sie nur während der Schulferien stattfinden. Eine Möglichkeit zu Erfahrungsaustausch und Erörterung aktueller Fachfragen bieten die alljährlich Ende April oder Anfang Mai stattfindenden Bezirkstreffen der Natur- und Heimatfreunde des KB. Am zweiten Tag dieser Veranstaltungen, der immer ein Sonn- oder Feiertag ist, findet dann stets eine Zusammenkunft der teilnehmenden Mitglieder der astronomischen Fachgruppen statt.

ALFRED PRIEM

Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Halle

Im Bezirk Halle sind über 200 Amateure in 6 Kreissachgruppen und 5 Gruppen in kleineren Orten und Gemeinden vereinigt. Sehr aktiv sind die Gruppen Bernburg, Dessau, Halle und Merseburg, in denen nach Plänen gearbeitet wird.

Die Gruppe in Dessau wird von Bfr. Schultz geleitet. Er ist ein vorzüglicher Instrumentenbauer und fertigt die verschiedensten Geräte an. So hat er z. B. für die Astronomische Station H. Schwabe einen 25-cm-Cassegrain auf parallaktischer Montierung mit elektr. Nachführung gebaut. Trotz seines Alters gehört Bfr. Schultz zu den aktivsten Amateuren des Bezirks. Wie in Merseburg unter Leitung der Bundesfreunde P. Müller und Eschke wird auch in Bernburg durch die Bundesfreunde W. Müller und Linke eine regelmäßige Arbeit angeleitet.

Die stärkste Gruppe besteht in Halle (45 Mitglieder). Diese treffen sich regelmäßig 14-tägig sonnabends in der Astronomischen Station Halle-Kanena und arbeiten nach einem Themenplan.

Viele der Mitglieder besitzen eigene Geräte. Vom 20-cm-Spiegel über 50/540, 63/840 und 80/1200 Refraktor ist alles vertreten. So beschäftigt sich z. B. Bfr. Splittgerber aktiv in der Veränderlichen-Forschung und konnte auch andere dafür gewinnen. Die Bundesfreunde Bethke, Dietz und Tilgner beschäftigen sich besonders mit der Sonnen- und Planetenbeobachtung. An der Astronomischen Station Halle-Kanena werden die Beobachtungsergebnisse regelmäßig diskutiert und ausgewertet. Jährlich finden Bezirkstreffen statt, die jeweils unter ein bestimmtes Thema gestellt werden, wobei sich auch Mitglieder der Thematik entsprechend als Referenten oder mit Ausführungen als Diskussionsgrundlage zur Verfügung stellen.

Höhepunkt waren 1971 die Kepler-Ehrung im Haus des Lehrers in Halle und 1973 die Feierlichkeiten anlässlich des 500. Geburtstages von Nicolaus Copernicus. Diese Veranstaltungen wurden gemeinsam vom Kreis- und Bezirkssekretariat des Kulturbundes, dem Zentralen Klubhaus der Gewerkschaften und der Astronomischen Station durchgeführt.

Vom 1. – 18. Mai 1973 wurde im Zentralen Klubhaus der Gewerkschaften mit Unterstützung des Polnischen Informations- und Kulturzentrums Leipzig (Herrn Swiatek) die polnische Leihausstellung über Leben und Werk des Copernicus gezeigt. Sie wurde von mehr als 2500 Besuchern gesehen.

Am 11. Mai fand im Haus des Lehrers eine Großveranstaltung für Lehrer, Sternfreunde und andere interessierte Bürger statt. Als Referenten waren Dr. Peter Ruben, Humboldt-Universität Berlin, und Prof. Dr. Hoppe, Jena, gewonnen worden. Als Gast begrüßten wir Herrn Dr. Smilowski. Die Vorführung der beiden polnischen Filme „Copernicus – Leben und Werk“ und „Heimstätten des Copernicus“ rundete das Bild dieser gelungenen Veranstaltung ab.

Am 13. Mai wurde zum Abschluß der Copernicus-Feiern eine Veranstaltung im Klubhaus der Gewerkschaften besonders für Schüler der 10. und anderer oberer Klassen durchgeführt. Hier wurden ebenfalls die beiden polnischen Filme gezeigt, ergänzt durch Ausführungen des Bfr. Kockel und anschließende Führung durch die Ausstellung.

KARL KOCKEL

Copernicus-Ausstellung in Oebisfelde

Im Juni 1973 konnte Ulrich Pettko (17 Jahre) in 3573 Oebisfelde eine Copernicus-Ausstellung aufbauen und eröffnen, für die er mit 2 Mitgliedern der astronomischen AG Ausstellungsmaterial anfertigte sowie weiteres Bildmaterial besorgte. Der Ausstellungserfolg wurde in zahlreichen Stellungnahmen gewürdigt.

Aus der Literatur

Venussonden – Projekt NASA – ESRO

In den Jahren 1975 – 1980 planen NASA und ESRO die Durchführung eines Gemeinschaftsprojektes zum Start von Venussonden.

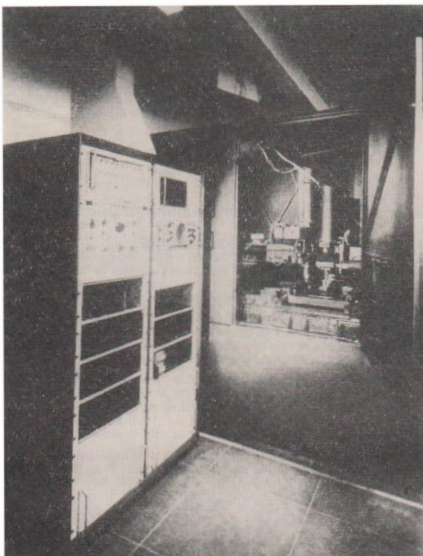
Einer der insgesamt 2 bis 3 Flugkörper soll mit vier Eintritts-sonden ausgerüstet werden, die in die Venusatmosphäre eindringen und hier Messungen der Atmosphärenparameter vornehmen. Ein zweiter Flugkörper soll zu einem Venus-Satelliten (Venus-Orbiter) führen, dessen Lebenszeit auf etwa ein Jahr veranschlagt wird. In dieser Zeit sind Radaruntersuchungen der Oberfläche und der Atmosphäre des Planeten vorgesehen. Der Satellit, dessen Bau die ESRO übernehmen soll, hat etwa 2 m Durchmesser und eine Gesamtmasse von etwa 150 kg, von der 36 kg auf die Geräte der vorgesehenen 9 Experimente entfallen.

h – n

GALAXY-Gerät zur Auswertung von Himmelsaufnahmen

GALAXY (General Automatic Luminosity and x, y) ist eine neue automatische Meßmaschine zur rationellen Erfassung des Informationsgehaltes von Himmelsaufnahmen, die mit Schmidt-Spiegelteleskopen gewonnen wurden. Sie dient aber auch der Medizin, Photogrammetrie, zur Vermessung von Teilchen- oder Satellitenspuren, der Statistik über Partikelgrößen und zu Messungen der Luftverunreinigung. Die Maschine wurde vom Royal Astronomical Observatory Edinburgh in Zusammenarbeit mit Paul Coradi (Scotland) Ltd. entwickelt. Sie wertet Platten der Größe $10 \times 10 \text{ cm}^2$ (geplante Erweiterung auf $35 \times 35 \text{ cm}^2$) in zwei Arbeitsgängen aus. Zunächst tastet sie die Platten zeilenweise ab und gibt dabei von 10000 Sternen pro Stunde x, y-Koordinaten mit einem Fehler von $\pm 10 \mu\text{m}$ auf Lochstreifen aus. Diesen Lochstreifen kann man zum Beispiel für statistische Zwecke direkt auswerten oder zur Steuerung des zweiten Arbeitsganges benutzen. Dabei werden die Koordinaten von 900 Sternen pro Stunde auf $\pm 0,5 \mu\text{m}$ präzisiert und außerdem der Sternbild-durchmesser auf $\pm 0,2 \mu\text{m}$ durch Spiralabtastung sowie die Schwärzung auf $\pm 0,02$ gemessen. Das entspricht einem Fehler in der Sternhelligkeit von $\pm 0,017$ Größenklassen.

Die Meßmaschine ist in einem vollklimatisierten Reinstraum aufgestellt. Mehrere Sternwarten nutzen sie im Dreischichtbetrieb. Zur Veranschaulichung der Effektivität wird mitgeteilt, daß **GALAXY** in einem Jahr etwa soviel Platten ausmessen kann, wie man mit einem Schmidt-Teleskop unter den klimatischen Verhältnissen Edinburghs im Laufe eines Vierteljahres gewinnen kann.



Ing. R. SCHIELICKE

Die Abb. zeigt hinter der geöffneten Tür den mechanischen Teil der Meßmaschine; die Steuer- und Auswertelektronik ist in dem Schrank links zusammengefaßt. Aus: Literatur (4).

Literatur:

[1] Galaxy unveiled. *Nature* 225 (1970), S. 308. — [2] Reddish: Meeting of the Royal Astron. Soc. 1970 April 10, in: *Observatory* 90 (1970), S. 129. — [3] Stoy: The Initial Performance of the Galaxy-Maschine, *Internat. Astron. Union Colloquium No. 7*, Minneapolis: Univ. of Minnesota, 1970. — [4] Reddish: Instrumentation in Optical Astronomy, *Commun. from the Royal Observatory, Edinburgh*, No. 101.

Zusammenstöße der Erde mit Kometen

Interessant, aber auch sehr spekulativ ist ein Gedankengang von H. C. Urey über Zusammenstöße der Erde mit Kometen und deren Folgen. Kometen durchlaufen das Planetensystem oft auf langgestreckten Ellipsen und können dabei den Planeten sehr nahe kommen, so daß Zusammenstöße durchaus möglich sind. Auf dem Mond wurden durch die Apollo-16-Astronauten erste Hinweise für ein solches Ereignis gefunden. Das Material, das sie im Gebiet des Kraters Nordstrahl aus 35 cm Tiefe sammelten, hat die gleiche chemische Zusammensetzung wie Kometenmaterie. Das Alter des gefundenen Mondgesteins beträgt $3,2 \cdot 10^9$ Jahre. Man kann also annehmen, daß der Nordstrahl-Krater vor $3,2 \cdot 10^9$ Jahre durch den Aufprall eines Kometen entstanden ist.

Auf der Erde konnte man „Kometenmaterie“ noch nicht nachweisen. Urey schätzt aber ab, welche Folgen ein Zusammenstoß der Erde mit einem Kometen haben könnte. Er nahm eine Kometenmasse von $6 \cdot 10^{14} \text{ g}$ und eine Relativgeschwindigkeit von Erde und Komet von $60 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ an. Der Zusammenstoß würde Energie freisetzen, wie sie die Erde in 4 Monaten von der Sonne zugestrahlt erhält. Da der Kometenkopf zu einem großen Teil Methan und Zyan enthält, könnte sich die chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre zumindest lokal kurzzeitig verändern. Ferner würde eine starke Erhöhung der atmosphärischen Temperatur auftreten. Diese Veränderungen der Erdatmosphäre würden sicher erheblichen Einfluß auf die Entwicklung des Lebens auf der Erde haben.

Außerdem vermutet Urey, daß die tektonischen Gesteine auf der Erde von Zusammenstößen mit Kometen stammen. Das Alter dieser auf der Erde lokal begrenzt gefundenen Gesteine wurde ermittelt. Es stimmt im Rahmen der erreichbaren Genauigkeit gut mit geologischen Epochenanfängen überein.

Gestein	Gesteinsalter	geologische Epoche	Epochenbeginn
Badiasite	34,7-10 ⁶ Jahre	Oligozän	vor 36-10 ⁶ Jahren
Tektite der lybischen Wüste	25-10 ⁶	Miozän	25-10 ⁶
Moldavite	14,7-10 ⁶	Pliozän	13-10 ⁶
Australite	0,8-10 ⁶	Pleistozän	1-10 ⁶

Urey schlußfolgert, daß eine neue geologische Epoche die Folge eines Zusammenstoßes der Erde mit einem Kometen sein könnte. Ein Zusammenstoß Erde-Komet scheint sich im Mittel aller 12-10⁶ Jahre zu ereignen. Diese Überlegungen haben jedoch noch keine gesicherte Basis.

Sm.

Solarzellen sind noch entwicklungsfähig

Solarzellen sind bisher die wichtigste Energieversorgungsquelle der Satelliten- und Raumflugtechnik. Die bisher gestarteten Raumflugkörper waren in der Mehrzahl mit Solarzellengeneratoren ausgerüstet. Von den ersten 600 amerikanischen Kosmosobjekten hatten weniger als 10 Radionuklidbatterien an Bord. Es gilt als sicher, daß die Solarzellen in den nächsten Jahren diese dominierende Rolle behalten und gegenüber kerntechnischen Energiequellen noch ausbauen werden, von sonnenferneren Weltraummissionen einmal abgesehen.

Der Wirkungsgrad der Si-Solarzellen konnte zwar in den ersten Jahren leicht gesteigert werden und hat heute Werte von 10-13% erreicht, seit etwa 5 Jahren allerdings sind auf diesem Gebiet keine Fortschritte mehr erzielt worden. Die Ursache hierfür liegt nicht in prinzipiellen Problemen, sondern darin, daß sich Forschung und Entwicklung vorrangig auf Fragen der Zuverlässigkeit und Strahlenresistenz konzentrierten.

In einer interessanten Studie amerikanischer Halbleiterhersteller, die im Auftrag des SPACE SCIENCE BOARD der amerikanischen NATIONAL AKADEMY OF SCIENCE durchgeführt wurde, kommt zum Ausdruck, daß die Entwicklungsmöglichkeiten der Technik der Solarzellen zur Zeit bei weiten nicht ausgeschöpft sind. Theoretischen Berechnungen zufolge ist ein Wirkungsgrad von 22-26% bei Si-Zellen möglich. Um den heute erreichten Wirkungsgrad zu verdoppeln, müßten nach dieser Studie etwa 20 Mio Dollar aufgewandt werden, rund 5 Mio, um etwa 16% zu erreichen.

Welchen Nutzen dieser Aufwand zur Folge hätte, zeigen folgende Zahlen: NASA, COMSAT und militärische Raumfahrtprojekte der USA benötigen in diesem Jahrzehnt rund 10 Mio Solarzellen mit 150 Mio Dollar Kostenaufwand incl. schützender Deckgläser, Montage und Erprobung. Bei 70% für Weltraumanwendung, 30% für Tests etc. beträgt der Startkostenanteil 70 Mio Dollar. Eine Verdopplung des Wirkungsgrades würde den Bedarf auf die Hälfte reduzieren und die Kosten um 110 Mio Dollar verringern. Selbst eine Steigerung des Wirkungsgrades auf 16% würde noch zu rund 80 Mio Einsparungen führen (vgl. Tabelle unten).

Darüber hinaus ergeben sich eine Reihe Vorteile technischer Art, insbesondere:

- bessere dynamische Eigenschaften der Satelliten und geringerer Aufwand für Lagestabilisierung,
- geringerer Masseaufwand und kleinere Antriebssysteme,
- geringere Abbremsung von Satelliten bei niedrigen Umlaufbahnen.

Von den möglichen Materialien erhält Silizium den Vorrang. Organischen Zellen sowie Systemen auf der Basis der Foto-nythese werden in absehbarer Zeit keine Chancen eingeräumt.

Steigerung des Wirkungsgrades auf	Forschungsaufwand	Kosteneinsparungen in diesem Jahrzehnt
16%	5 Mio Dollar	80 Mio Dollar
26%	20 Mio Dollar	110 Mio Dollar

h-n

Nach: Zettler, A.: Mehr Strom aus Sonnenlicht; ETZ-B, 25 (1973) 9, S. 218-219 und „das elektron“ (1972) 13/15, S. 227.

Japanische Nachrichtensatelliten-Projekte

In der zweiten Jahreshälfte 1972 legten die „Japanische Rundfunkgesellschaft“ NHK und die „Japanische Telefon- und Telegrafverwaltung“ JTT Nachrichtensatelliten-Pläne vor, die für den Zeitraum 1980-1985 den Start eigener leistungs-fähiger Satelliten vorsehen.

Von NHK wird ein 500 kg schwerer Synchronsatellit für die Schließung nationaler Lücken in der Fernsehprogrammversorgung sowie das Bildungsfernsehen vorgeschlagen, der zwischen 1980 und 1985 gestartet werden soll. 1976 ist der Start eines leichteren Testsatelliten mit etwa 250-300 kg Masse für das Studium der technischen Probleme vorgesehen. Er soll ein Farbfernsehprogramm mit zwei Tonkanälen im 12-GHz-Bereich ausstrahlen. Seine Empfangsfrequenz liegt bei 14 GHz.

JTT schlägt einen 500-kg-Satelliten für hohe Übertragungskapazitäten ebenfalls für 1980-1985 vor. Auch hierfür soll 1976 ein leichter Testsatellit (250 kg) in eine Synchronbahn gebracht werden, der 4000 Telefonkanäle, aber auch Farbfernsehprogramme übertragen soll. Er arbeitet mit 30 GHz als Empfangs- und 20 GHz als Sendefrequenz.

Das NHK-Projekt sieht für die Testphase den Bau von zwei Satelliten (einer als Reserve) und zwei Bodenstationen vor. Kostenaufwand etwa 23 Milliarden Yen. Das JTT-Projekt umfaßt in der Testphase ebenfalls zwei Satelliten, acht Hauptbodenstationen, einige Nebenstationen sowie vier mobile Bodenstationen. Kostenaufwand etwa 30 Milliarden Yen. Die Projekte werden zunächst durch verschiedene Fachgremien begutachtet, ehe sie dem Premierminister zur Entscheidung vorgelegt werden. Neben den Nachrichtensatelliten-Projekten liegen Vorschläge für Applikationssatelliten (Erdbeobachtung, Übertragungsversuche im Millimeterwellen- sowie VHF- und UHF-Bereich) sowie kleinere Forschungs- und Testsatelliten vor, die vorrangig der Ionosphärenforschung sowie funktechnischen Übertragungsexperimenten bei mittleren Kapazitäten dienen sollen.

H. D. N.

Nach: S. Itoh, radio-mentor-electronic, 39 (1973) 2, S. 55.

Französisches Raketenprojekt L-3-S

Nach der Zurückziehung der BRD vom Raketenprojekt „Europa III“ hat die französische Raumfahrtbehörde CNES die Entwicklung einer eigenen leistungsstarken Trägersrakete der Projektbezeichnung L-3-S begonnen. Es handelt sich hierbei um eine dreistufige Version. Als Grundstufe L-150 ist die bereits erprobte Diamantstufe vorgesehen. Sie verfügt über vier Raketenmotoren mit je 60 Tonnen Schub und 150 Tonnen Flüssigtreibstoff. Zweitstufe bildet eine abgerüstete Version L-30 mit einem Antriebsmotor und 30 Tonnen Treibstoff. Als Drittstufe wird eine Wasserstoff-Sauerstoff-Version H 6 mit einem Antriebsmotor und 6 Tonnen Schub konzipiert.

Die L-3-S soll Nutzlasten bis zu 750 kg in eine geostationäre Umlaufbahn befördern können. Nach dem heutigen Erkenntnisstand wären damit bereits Fernschirddirektempfangs-Satelliten für 3 bis 5 TV-Kanäle realisierbar.

Die Entwicklungskosten sind mit 2,2 Milliarden France nahezu ein Drittel geringer als die der „Europa III“. Ein Satellitenstart in eine Synchronbahn soll 15 Millionen Dollar kosten, wäre also billiger als der Start mit einem Raumtransporter, der bei vergleichbaren Bedingungen mit 18 Millionen Dollar veranschlagt wird.

Nach: elektronik — ztg., 10 (1972), Nr. 32, S. 12.

H. D. N.

Forschungen in Bjurakan

An den Hängen des Berges Aragaz liegt das Dorf Bjurakan mit dem astrophysikalischen Observatorium. Aus den Turmkuppeln richten sich die Augen der riesigen Teleskope forschend auf den unendlichen Himmel. Hier befindet sich eines der größten optischen Teleskope der Welt, das nach dem Schmidt-System arbeitet. Vor kurzem wurde im Observatorium mit der Montage eines neuen Riesenteleskops begonnen. Durch Kombination der beiden Teleskope kann man die Maßstäbe der Erforschung des Weltalls erheblich vergrößern.

Der stellvertretende Direktor des Observatoriums, Professor L. Mirsojan, berichtet, daß es im Weltall eine unendliche Vielzahl von physikalischen Bedingungen und damit verbundenen Existenzformen der Materie gibt. Der kosmische Zustand der Materie ist häufig auf der Erde nicht anzutreffen, und zuweilen ist es unmöglich, diese Materie in Laboratorien auf der Erde als Modell nachzubilden. Deshalb bietet die Erforschung der Himmelskörper und kosmischen Erscheinungen die Möglichkeit, bisher noch unbekannte Eigenschaften der Materie zu ermitteln. Daraus resultiert die große Bedeutung der astrophysikalischen Forschung für die Erkennbarkeit der materiellen Welt sowie für die Entwicklung der exakten Wissenschaften.

Das Kollektiv des astrophysikalischen Observatoriums von Bjurakan, das von Akademiemitglied Wiktor Ambarzumjan geleitet wird, hat einen gewichtigen Beitrag zur Erforschung des Weltraums geleistet. Hier am Fuße des Aragaz haben er und seine Schüler die erstaunlichsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts in der Astrophysik gemacht: Sie konnten beweisen, daß die Entstehung der Sterne und Himmelskörper in fernen Zeiten nicht unterbrochen wurde, sondern im Gegenteil noch heute fortgesetzt wird, daß das Weltall nicht längst erkaltet ist, sondern hier auch heute noch heftige Evolutionsprozesse ablaufen. Wiktor Ambarzumjan hat Sternensysteme eines neuen Typs entdeckt, die er als Sternassoziationen bezeichnete. Es wurde bewiesen, daß dies sehr junge Gruppierungen und ebenso junge Sterne sind, die in Assoziationen miteinander verbunden sind.

Diese aus zahlreichen Beobachtungen resultierende Schlußfolgerung lag der Lösung prinzipieller Fragen zugrunde, die die Entstehung und Entwicklung der Sterne und Sternsysteme betreffen. Es wurde festgestellt, daß die Herausbildung der Sterne in der Galaxis auch in unseren Tagen fort dauert und die Sternassoziationen die Heimstätten sind, in denen sich neue Sterne bilden.

Bis dahin war man der Meinung, daß alle Sterne in der Galaxis zur gleichen Zeit in sehr ferner Vergangenheit entstanden seien. Und noch eines: Die Erforschung der Struktur der Sternassoziationen hat ergeben, daß sich Sterne nicht einzeln bilden, sondern in Gruppen. Ein großer Teil davon fällt sehr rasch wieder auseinander. Infolgedessen wachsen die Sternassoziationen ununterbrochen und müssen zum Zeitpunkt ihrer Bildung sehr klein gewesen sein.

Die Entdeckungen der Astrophysiker von Bjurakan bezüglich der Entstehung neuer, junger Himmelskörper wurden bald von Astronomen anderer Länder bestätigt. So vollzog sich eine echte Wende in der Wissenschaft. Man stellte fest, daß der Prozeß der Sternbildung, der vor Milliarden Jahren begonnen hat, niemals unterbrochen wurde und in unserer Zeit fort dauert, daß unser Sternensystem aus Himmelskörpern verschiedenen Alters besteht. Es stellte sich heraus, daß junge Sterne in vielen Fällen Eigenschaften haben, die den normalen Sternen fehlen. Das ist von großem wissenschaftlichem Interesse. Die Forschungen in Bjurakan ergaben, daß die unregelmäßigen, starken Veränderungen in der Helligkeit dieser Himmelskörper auf das unmittelbare Freiwerden einer großen Energiemenge zurückzuführen ist und mit kolossalen Explosionen zusammenhängt. In einigen Fällen nahm die Helligkeit der Sterne innerhalb weniger Minuten ungefähr um das Hundertfache zu. Wie die Wissenschaftler annehmen, erfolgt ein derartiges „Flackern“ eines Sterns infolge einer Explosion, deren Energie einigen Milliarden Wasserstoffbomben gleichkommt. Die Ermittlung des Wesens solcher Erscheinungen ist nicht nur für die Astronomie, sondern auch für die Physik von großem Interesse.

Die sogenannten „blauen Galaxien“ sind eine Entdeckung, die im Observatorium Bjurakan gemacht wurde. Diese Galaxien strahlen ein ungewöhnlich helles ultraviolette Licht aus.

Wie die sowjetischen Astrophysiker annehmen, ist die helle blaue Strahlung eine Folge von gewaltigen Veränderungen in den Kernen dieser Galaxien. Akademikmitglied Ambarzumjan hat bezüglich dieser Erscheinungen eine neue Theorie aufgestellt, der zufolge die Himmelskörper nicht durch Festwerden gasförmiger Materie entstehen, sondern gerade umgekehrt – durch den Zerfall übermäßig festen Stoffes. Möglicherweise werden die Wissenschaftler bei der Beobachtung dieser „blauen Welten“ sozusagen Zeugen der Entstehung neuer Sterne.

Durch intensive Spektralanalysen haben die Astrophysiker von Bjurakan viele neue blaue Galaxien entdeckt, die ihren Eigenschaften nach an Quasare erinnern, d. h. an Himmelskörper, die sich äußerlich nicht von den gewöhnlichen unterscheiden, aber die gigantischen kosmischen Welten, die aus mehreren Milliarden Sternen bestehen, an Leuchtkraft überreffen.

Die Erforschung der Kerne der Galaxien wird in Bjurakan auf komplexe Weise durchgeführt, mit Hilfe optischer Teleskope und Radioteleskope. Die gewonnenen Angaben sagen aus, daß sie sich bei normalen Galaxien entwickeln und die optischen Erscheinungen von verhältnismäßig starken Radiostrahlungen begleitet werden. All das bestätigt die Hypothese von Ambarzumjan über die Aktivität der Kerne der Galaxien und ihrer großen Rolle bei ihrer Evolution.

Die fernen Welten der Sterne werden auf verschiedene Weise in Bjurakan untersucht. Eine Methode besteht in der Erforschung der sogenannten flare-Sterne. Als flackernd werden solche Sterne bezeichnet, die von Zeit zu Zeit ihre Helligkeit verändern. Der Charakter dieser Erscheinung ist noch völlig unbekannt. Warum wird ein Stern plötzlich sehr hell und nimmt nach einigen Minuten wieder seine gewöhnliche Helligkeit an? Ist es damit zu erklären, daß diese Sterne jung sind und Veränderlichkeit vor allem eine Eigenschaft junger Himmelskörper ist? Nun beschäftigen sich neben Bjurakan ähnliche Observatorien in Italien, Mexiko und Ungarn mit diesen Himmelskörpern.

Für die nächsten Jahre ist in Bjurakan ein umfangreiches Programm zur weiteren Erforschung der Entwicklung des Weltalls vorgesehen. Einen wichtigen Platz nimmt dabei die Untersuchung der Evolution junger Sternsysteme und der Aktivität der Kerne der Galaxien ein. Außerdem werden die Gesetzmäßigkeiten bisher unbekannter physikalischer Prozesse untersucht, die in den unermeßlichen Weiten des Weltraums ablaufen.

A. Achumjan in „Selskaja shisn“ vom 4. 8. 73, nach PdSU 42/73.

Alter des Sichote-Alin-Meteoriten

Bis vor kurzem konnte das Alter des größten Eisenmeteoriten von Sichote-Alin nicht genau bestimmt werden. Eine endgültige Antwort auf diese Frage gab eine Gruppe sowjetischer Wissenschaftler, die mit der Argon-Argon-Methode und einer besonders dafür konstruierten Anlage den Gehalt an den aus dem Weltraum stammenden Edelgasen in verschiedenen Meteoritensplittern ermittelte.

Auf Grund der Ergebnisse wurde der Schluß gezogen, daß der Körper, aus dem sich der Meteor gebildet hat, vor etwa 450 Millionen Jahren entstanden ist. Später, vor 68 Millionen Jahren, hat sich dann nach einem Zusammenstoß im Welt-raum ein Teil des Meteoriten abgespalten. Vor dem Eindringen in die Erdatmosphäre hatte der Meteorit einen Radius von 120 Zentimetern, seine Masse betrug 57 Tonnen.

Aus: „Priroda“ 6/73, nach PdSU 42/73.

Fortsetzung „Aus der Literatur“: 4. Umschlagseite

Seinen 70. Geburtstag

beging am 15. Januar unser verantwortlicher Redakteur Artur Hockauf. Im Jahre 1904 in Schönlinde (Nordböhmen) geboren, zeigte er bereits als Schüler großes Interesse für die Astronomie und assistierte einem Amateurastronomen (Optiker) bei dessen Beobachtungen. Er erlernte den Buchbinder-Beruf, war dann Verlagsvolontär und später als Redakteur sowie als freier Schriftsteller tätig. Nach 1945 begründete und leitete er eine der ersten Volksbuchhandlungen und Volksbühnengemeinschaften und wurde als Mitarbeiter des Kulturbundes in verantwortlichen Funktionen (Kreis- und Gebietsekretär, Sekretär in der Landesleitung Sachsen des KB, kulturpolitischer Leiter von Schriftsteller-Seminaren und Seminaren für Bildende Künstler, ferner Zentraler heimatgeschichtlicher, astronomischer, geologischer u. a. Lehrgänge des KB im Bereich der Kommission Natur und Heimat des Präsidialrates) tätig. Seit 1953 arbeitete er in der Redaktion der Zeitschrift „Natur und Heimat“, zuletzt als stellv. Chefredakteur. Seit Ende 1963 ist er Mitglied der Redaktion der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ und hat als Mitarbeiter der Abteilung Natur und Heimat des Bundessekretariats des KB u. a. auch die Arbeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie erfolgreich betreut und ihr viele Anregungen und Impulse gegeben. Die in den letzten Jahren zu verzeichnende Hebung der Qualität unserer Zeitschrift ist insbesondere hinsichtlich der redaktionellen Bearbeitung sowie der grafischen Gestaltung mit sein Verdienst.

Der Jubilar, Träger des Ehrenzeichens der Partei der Arbeiterklasse für mehr als 40jährige Zugehörigkeit, wurde für seine kulturpolitische Tätigkeit bereits mehrfach ausgezeichnet (Vaterländischer Verdienstorden in Bronze, Verdienstmedaille der DDR, Joh.-R.-Becher-Medaille in Gold u. a.).

Die Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“ wünscht ihrem Artur Hockauf, daß er noch viele weitere Jahre bei bester Gesundheit und mit gleicher Freude wie bisher in unserem Kollektiv für die Ziele unserer Zeitschrift arbeiten kann.

HERBERT PFAFFE

Buchbesprechung

Kosmogonie der interstellaren Materie

Die interstellare Materie hat massenmäßig einen geringen Anteil (5 bis 10 %) an der Gesamtmasse des Milchstraßensystems, nimmt aber volumenmäßig einen sehr großen Raum ein, wodurch die mittlere Dichte (etwa 1 Atom pro cm^3 , d. h. etwa $10^{-24} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) sehr gering ist. Ihre Untersuchung hat aber für andere Probleme der Astrophysik, z. B. die Sternentstehung, und neuerdings sogar für die eigentlich unastronomische Frage der Voraussetzungen für die Herausbildung von Leben große Bedeutung.

In einem Beitrag „Zur Kosmogonie der interstellaren Materie“ nimmt Prof. Dr. LAMBRECHT u. a. zu den obigen Fragen Stellung. Hier findet man aber auch die Behandlung weiterreichender, grundsätzlicher Probleme. So wird gezeigt, daß die Beantwortung der an und für sich einfach erscheinenden Frage „Was ist Kosmogonie“ viele Probleme und notwendige Überlegungen mit sich bringt, obwohl die Antwort ebenso einfach erscheint wie die Frage: Kosmogonie ist die Wissenschaft von der Historizität der kosmischen Materie im Universum. Historizität kosmischer Objekte ist dann gegeben, wenn die Änderungen der physikalischen Zustandsgrößen, die die Objekte charakterisieren, zeitlich gerichtet sind. Damit wird eine Zeitskala benötigt, diese Zeitskala muß beobachtbar sein.

Veränderungen und Entwicklungen gehen im Universum, wenn man von einigen wenigen Ausnahmen (Novae, Supernovae) absieht, sehr langsam vor sich. Wenn man die Kosmogonie nicht ganz aufgeben will, „muß man von der Arbeitshypothese ausgehen, daß im Sternsystem und darüber hinaus in dem Bereich des Universums, der mit unseren instrumentellen Hilfsmitteln erforscht werden kann, kosmische Objekte aller Entwicklungsphasen ‚gleichzeitig‘, d. h. für uns jetzt beobachtbar und in räumlichem Nebeneinander vorhanden sind“. Diese Hypothese ist vernünftig und kann prinzipiell bewiesen werden.

Kosmogonische Arbeiten verlangen eine Zeitskala, d. h. die Korrelation bestimmter Beobachtungsergebnisse mit einer Entwicklungsrichtung, was wiederum eine eindeutige Festlegung eines Fixpunktes erfordert. Entsprechend der unterschiedlichen Wahl des Fixpunktes werden ausführlich drei kosmogonisch wichtige Zeitskalen mit folgendem Ergebnis betreffs des Fixpunktes diskutiert:

- Entstehung der ältesten Sterne (kosmogonische Uhr) vor $15 \cdot 10^9$ Jahren
- Bildung der schweren Elemente (atomare Uhr) vor 8 bis $15 \cdot 10^9$ Jahren
- Beginn der Expansion des Weltalls (kosmologische Uhr) vor $13 \cdot 10^9$ Jahren

Unter Berücksichtigung astrophysikalischer Überlegungen wird folgendes Schema der kosmischen Entwicklung, das im Rahmen der unvermeidlichen Unsicherheiten auch mit den Beobachtungsbefunden übereinstimmt, aufgestellt:

Beginn der Expansion → Bildung der ersten Galaxien aus dem „prägalaktischen Medium“ → Entstehung der ältesten Sterne in unserer Galaxis → Bildung der schweren Elemente → Isolierung des Sonnensystems vom interstellaren Medium → Entstehung der festen Erdkruste → Entstehung junger Sterne und Planetensysteme.

In einer näheren Betrachtung der „Nichtstellaren Materie“ werden die chemische Zusammensetzung dieser Komponente hin bis zu den neuesten Beobachtungen der interstellaren Moleküle vorgestellt, Aussagen über die unterschiedlichen Temperaturen, die von 2 K bis 10000 K reichen, gemacht, und die Dichte, die im Bereich von $0,01 \text{ Atom cm}^{-3}$ bis $10^8 \text{ Atome cm}^{-3}$ schwankt, besprochen. Kurz wird das heutige Modell der interstellaren Materie behandelt: Kalte Wolken mit kinetischen Temperaturen von 50 K bis 100 K sind im Druckgleichgewicht mit einem heißen H I-Zwischengas von 1000 K bis 2000 K, in einzelnen Gebieten ist der Wasserstoff ionisiert, hier handelt es sich um H II-Gebiete von 10000 K.

Die interstellare Materie steht in enger Wechselbeziehung mit der stellaren Materie unseres Sternsystems.

S. MARX

Diese kurze Darstellung soll sowohl anregen zum Studium des Artikels von Prof. H. LAMBRECHT, „Zur Kosmogonie der interstellaren Materie“ wie der weiteren beiden Beiträge „Gedanken zur Frage nach der Historizität der Naturgesetze“ (A. WATZNAUER) und „Zur Frage der Zeitabhängigkeit der Naturgesetze“ (H.-J. TREDER) in „Zur Geschichte der Erde und des Kosmos“ (Veröffentlichungen des Forschungsbereiches Kosmische Physik der Akademie der Wissenschaften der DDR, Akademieverlag 1973, 10 M).

Schwarze Löcher im Kosmos

In den Sternbildern Schwan und Vela wiesen Astronomen mit Hilfe des amerikanischen Forschungssatelliten „Copernicus“ sogenannte schwarze Löcher nach. Schwarze Löcher waren theoretisch vorhergesagt, aber bisher nicht nachgewiesene Sterne.

Der Theorie nach muß ein Stern völlig in sich zusammenbrechen, wenn sein Kernbrennstoff restlos verbraucht ist, und wenn dessen übriggebliebene Masse größer ist als etwa zwei bis drei Sonnenmassen. Ein solch ausgebrannter Stern erlischt unter der eigenen Schwerkraft und zieht alles wie ein kosmischer Strudel in sich hinein. Die Anziehungskraft eines solchen Objektes ist derart enorm, daß nicht einmal mehr Licht-, Radio- oder sonstige elektromagnetische Wellen den Stern verlassen können. Das Himmelsobjekt wird somit unsichtbar. Aufgrund verschiedener Überlegungen fand man jedoch indirekte Nachweismethoden.

So gingen Astrophysiker davon aus, daß derartige schwarze Löcher alle in ihrer Nähe vorkommende Materie in sich hineinsaugen. Befindet sich in der Nähe eines solchen Objektes ein „lebender“ Stern, der Materie abstrahlt, müsse sich ein ständiger Strahlungsfluß zwischen dem leuchtenden Objekt und dem schwarzen Loch einstellen. In diesem Strahlungsfluß heizten sich die Materieteilchen derart auf, daß sich um das schwarze Loch herum eine leuchtende Aureole bilde. Das wäre eine Nachweismöglichkeit.

Eine andere ergebe sich aus der Tatsache, daß die Teilchen, ehe sie aus der Aureole in das schwarze Loch hineingesaugt werden, aufgrund der dabei entstehenden Wechselwirkungen einen Teil ihrer Energie als Röntgen- und Gammastrahlen abstrahlen. Kosmische Röntgenstrahlung gelangt infolge der absorbierenden Wirkung der Atmosphäre nicht bis zur Erde. Erst die Satellitentechnik machte es möglich, Röntgen- und Gammastrahlen im Kosmos nachzuweisen und damit erfolgreich nach „toten“ Sternen zu suchen.

Amerikanische Wissenschaftler erörtern in diesem Zusammenhang die mögliche Existenz eines „weißen Loches“. Es könnte die „Rückseite“ des schwarzen Loches sein, wo die „angesaugte“ Materie mit unvorstellbarer Energie und in enormer Menge wieder in das All hinausgeschleudert wird.

Quasar OH 471 16,7 Milliarden Lichtjahre entfernt

Seit ihrer Entdeckung im Jahre 1960 gelten die Quasare („quasistellare Objekte“) als die am weitesten von der Erde entfernten Objekte. Die Spektren dieser Quasare weisen große Rotverschiebungen auf, die nach dem Doppler-Effekt extremen Fluchtgeschwindigkeiten entsprechen. So wurde beim Quasar 4C 534 die bisher größte Rotverschiebung gefunden. Die Spektrallinien sind dabei um das 2,88fache gegenüber der Normalwellenlänge verschoben. Das entspricht einer Fluchtgeschwindigkeit von über 200 000 km/s und einer Entfernung von fast zwölf Milliarden Lichtjahren. Zwei amerikanische Astronomen analysierten das Spektrum des Quasars OH 471 und fanden dort eine Rotverschiebung, die einer Fluchtgeschwindigkeit von 270 000 km/s entspricht. OH 471 wäre demzufolge 16,7 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt.

Schädigende galaktische Strahlung

Die Auswirkungen ladungshoher und energiereicher galaktischer Teilchenstrahlung, wie sie im erdferneren Raum vorkommt, wurden u. a. während der Flüge der amerikanischen Raumschiffe Apollo 16 und 17 beobachtet. An Bord der Raumschiffe befanden sich in speziellen Behältern Bakteriensporen, Pflanzensamen sowie Krebs- und Insektenzelle.

Aus kaum einem der von der Strahlung getroffenen Salzkreisel entstand ein normales Individuum. 40 Prozent der Eier entwickelten sich nicht, die restlichen 60 Prozent wiesen Entwicklungsstörungen auf. In einigen Fällen war in der Eimembran keine Larve entstanden, oder waren die Larven zu schwach, um die Eimembran – was normalerweise der Fall wäre – zu zerreißen. Bei 14 Prozent aller Larven kamen zwar Larven hervor, doch ihre weitere Entwicklung war merklich verzögert. Außerdem traten zehnmal häufiger Mißbildungen auf als bei den auf der Erde verbliebenen Kontrolltieren. Auch Pflanzensamen zeigten Veränderungen. So bildete die Gänsekresse häufig drei Stengel anstelle von nur einem.

Bei Flügen im irdischen Raum sind derartige Veränderungen bisher nicht bekannt geworden, da hier die sogenannten HZE-Teilchen – Teilchen hoher Ladung (Z) und hoher Energie (E) – in der Atmosphäre und im Erdmagnetfeld absorbiert werden.

Nach ND vom 21. 7., 25. 8., 15. 9. 1973.

Revolutionierende Entdeckungen in Astronomie und Astrophysik zu erwarten

Während der Pressekonferenz, die am 4. 11. 73 aus Anlaß der Tage der sowjetischen Wissenschaft und Technik in der DDR stattfand, erklärte der Leiter der UdSSR-Regierungsdelegation, Akademienmitglied Wladimir Kirillin, Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrates der UdSSR und Vorsitzender des Staatlichen Komitees für Wissenschaft und Technik, daß seiner Meinung nach die größten revolutionierenden Entdeckungen in der Grundlagenforschung in den kommenden Jahren auf den Gebieten Physik der hohen Energien, Molekularbiologie, Astronomie und Astrophysik zu erwarten seien.

EVP 1,50 M
PZV 31052

2¹⁹⁷⁴ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Eine Welt aus Materie. Kants „Allgemeine Naturgeschichte“ — der Beginn des Entwicklungsgedankens in der neueren Astronomie · Dr. D. B. Herrmann	33
Bestimmung von Fixsternhelligkeiten anhand photographischer Himmelsaufnahmen mit den Mitteln des Amateurs · R. Schielicke	37
Neue Ergebnisse der Monduntersuchungen durch Lunochod 2 · Karl-Heinz Neumann	44

Amateure beobachten und berichten

Untersuchungen über den Einfluß der Sonnenaktivität auf die Bahnen künstlicher Erdsatelliten Wolfgang Paul, Sigrid Enzmann, Nina Dannhauer, Heidrun Kunze, Marina Lemke	48
Eine Hellfeldbeleuchtung für den Amateur · Joachim Prell	54
Beobachtung des Perseidenstromes · Hartmut Urbanski.	54
Einfache Triebwerkmontierung für Kleinfernrohre mit relativ hoher Genauigkeit der Nachführung · Erich Eilzer	57
Abstrahlung des Zeitzeichens durch die Sender der DDR	58

Bildseiten

Abb. zu Fixsternhelligkeiten, Bilder der Kosmosaler Leonow und Sokolow, Sternfeldaufnahmen (1 mit Satellitenspur)	I—IV
---	------

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Beobachterseminar „Photometrie“ in Apolda · Karl Radler	60
10 Jahre astronomische AG „Bruno H. Bärger“, Potsdam · Arnold Zenkert	60

Aus der Literatur

Neuere Forschungsarbeiten mit dem 2-Meter-Universalspiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg	62
Herkulis X 1 = HZ Herkulis — Jupitermondschatten	63
Frühphase der Astrophysik — Projekt CYCLOPS — Experimentalsatellit für westeuropäisches Fernmeldesatellitensystem — Englischer Testsatellit	64
Verglühendes Objekt beobachtet	3. Umschlagseite
Mondbodenproben in der DDR untersucht — Pioneer 10 stellte Jupiter-Magnetosphäre fest	4. Umschlagseite

Buchbesprechung

Grundzüge der Astronomie	3. Umschlagseite
------------------------------------	------------------

Reaktionsschluß: 20. Januar 1974

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur, Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4—5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohnstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Umschlagegestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 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. Gesamtherstellung: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

**Zum 250. Geburtstag Immanuel Kants
am 22. April 1974**

Porträt aus: F. Zöllner, Wissenschaftliche Ab-
handlungen Bd. 1, Leipzig 1878.



Eine Welt aus Materie

Immanuel Kants „Allgemeine Naturgeschichte“ – Beginn des Entwicklungsgedankens in der neueren Astronomie

Dr. D. B. HERRMANN

I

Was im Deutschland des 18. Jahrhunderts an progressivem Gedankengut in Naturwissenschaft und Philosophie vorzufinden war, beruhte keineswegs auf den Zuständen, die das „Heilige Römische Reich Deutscher Nation“ kennzeichneten; diese waren alles andere als progressiv. Anstelle eines einheitlichen deutschen Nationalstaates gab es hunderte Klein- und Kleinststaaten und nur vereinzelte Ansätze kapitalistischer Produktion in wenigen Zentren, zu denen Leipzig, Dresden, Frankfurt/M. und Hamburg zählten.

Anders in England und Frankreich: in England setzten sich nach dem Sieg der bürgerlichen Revolution kapitalistische Produktionsverhältnisse durch und mit ihnen blühten die der Praxis zugewandten Naturwissenschaften auf. In Frankreich herrschte zwar eine absolutistische Zentralmacht, aber gleichzeitig entfalteten sich die Produktivkräfte gewaltig – ein Widerspruch, der die französische Bourgeoisie zur revolutionärsten Klasse Europas machte. Überall in Deutschland, wo Beziehungen und Kontakte zu diesen beiden Heimstätten fortgeschrittener gesellschaftlicher Verhältnisse bestanden, wurde verständlicherweise auch der geistige Einfluß progressiver Strömungen spürbar. Dies war u. a. auch in Königsberg der Fall. Kant profitierte sogar persönlich davon: in Kreisen der in Königsberg ansässigen Vertreter französischer und englischer Handelshäuser war er ein gesuchter Gesprächspartner, der seinerseits manches vom freieren geistigen Wind aus den Ländern seiner Gastgeber dabei zu spüren bekam.

Kants Erziehung – er entstammte einer notleidenden Handwerkerfamilie – stand zunächst ganz im Zeichen totaler Obrigkeitshörigkeit. Am Collegium Fridericianum in Königsberg spielte die Religion eine zentrale Rolle, während Naturwissenschaften und Philosophie nur am Rande gewürdigt

wurden. Erst die Universität vermittelte Kant später, namentlich durch die beiden hervorragenden Lehrer G. Teske und M. Knutzen, einen Einblick in die naturwissenschaftlichen Probleme der Zeit. Schon während des Studiums war Kant gezwungen, seinen Unterhalt durch Nachhilfeunterricht für begüterte Studenten zu bestreiten, und mehrmals blieb ihm nichts anderes übrig, als sogar einige seiner wissenschaftlichen Bücher zu verkaufen. An der materiellen Misere des jungen Philosophen änderte sich auch nach dem Studium wenig: sieben Jahre lang mußte er sich als Hauslehrer verdingen, eine Tatsache, die ihn geistig nicht gerade unabhängiger werden ließ. Solche äußeren Fakten sind wichtig für das Verständnis des auffallenden Widerspruchs zwischen den kühnen Ideen des jungen Gelehrten und seinem lebenslang ängstlichen und unterwürfigen Verhältnis zur Obrigkeit.

II

Im Gesamtwerk von I. Kant besitzen die sog. Frühschriften, die er zwischen 1746 und 1768 schrieb, einen eigenständigen Rang. In diesen Arbeiten nehmen die Naturwissenschaften einen dominierenden Platz ein. Für Kant war Wissenschaft identisch mit „mathematischer Naturwissenschaft“, d. h., seine Vorstellungen von Sinn, Inhalt und Methode der Wissenschaften resultierten ganz aus der Begegnung mit der Mechanik als dem entwickelten Muster einer solchen Wissenschaft. Die Mechanik hatte mit ihren großen Erfolgen die unerschütterbare Überzeugung verbreitet, daß Wissenschaft gar nicht anders beschaffen sein könne. Auch die Philosophie wurde — wie Engels treffend feststellt — damals keineswegs „allein durch die Kraft des reinen Gedankens vorangetrieben. Im Gegenteil. Was sie in Wahrheit vorantrieb, das war namentlich der gewaltige und immer schneller voranstürmende Fortschritt der Naturwissenschaft und der Industrie“ [15, S. 346].

Was die Kantischen Frühschriften namentlich kennzeichnet, ist das Bemühen, die Naturwissenschaft im o. g. Sinne der Philosophie nutzbar zu machen und eine Reihe grundlegender Fragen der Naturwissenschaft auf naturphilosophischer Grundlage zu klären. Dabei mußte über den konkreten Kenntnisstand in vieler Hinsicht hinausgegangen werden. Aber Kant gründete alle Betrachtungen stets auf das Newtonsche Gravitationsgesetz, das er als eine alle Teile der Natur miteinander verbindende Beziehung ansah. Auf dieser Basis entwickelte er eine Fülle von Gedanken, die für den weiteren Gang sowohl der Naturwissenschaften als auch der Philosophie von großer Bedeutung waren und insofern als bahnbrechend zu werten sind.

Der vorurteilsfreie kühne Geist, der seinen Abhandlungen innewohnt, ist schon programmatisch in der ersten Schrift des 23jährigen Studenten anzutreffen: in den „Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte“ (1747) unternimmt er es, in eine von vielen berühmten Gelehrten behandelte Streitfrage einzugreifen, die sich mit dem Maß der Bewegung beschäftigte. Dabei betonte er, daß er „keinen andern Überredungen als dem Zuge des Verstandes zu gehorchen“ habe, wenn es um die Wahrheit ginge und notfalls auch das „Ansehen des Newtons und Leibniz vor nichts zu achten“ sei [9, S. 5].

Das zweifellos bedeutendste und radikalste Produkt jener Schaffensperiode ist die „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes, nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt“ (1755). Kant hatte sich damit einem Problemkreis zugewandt, der in jeder Hinsicht voller Schwierigkeiten steckte. Einerseits berührte die Thematik unmittelbar jenen Bereich, für den sich allein die Theologie zuständig glaubte, andererseits gab es keine naturwissenschaftliche Lösung der Frage, kaum Vorarbeiten. Kant war sich dieser Umstände bewußt; er sprach von einem Vorwurf, „welcher sowohl von seiten seiner innern Schwierigkeit als auch in Ansehung der Religion“ einen großen Teil seiner Leser mit einem „nachteiligen Vorurteile einzunehmen vermögend ist“ [9, S. 223] und legte dann in der Vorrede wortreich dar, daß er den „Anschlag auf diese Unternehmung“ nicht eher gefaßt habe, als bis er sich in „Ansehung der Pflichten der Religion in Sicherheit gesehen habe“ (Ebd.): „Der Verteidiger der Religion besorgt, daß diejenigen Übereinstimmungen, die sich aus einem natürlichen Hang der Materie erklären lassen, die Unabhängigkeit der Natur von der göttlichen Vorsehung beweisen dürfen“ (Ebd., S. 225).

Zu dem umfangreichen Versuch, den Inhalt der Schrift mit den theologischen Dogmen zu versöhnen, kommt nicht nur eine heute geradezu peinlich wirkende Widmung des „alleruntertänigsten Knechts“ an den preußischen König, sondern auch die anonyme Veröffentlichung des Werks. In alldem spiegeln sich sowohl die herrschenden Machtverhältnisse, insbesondere die Situation in Ostpreußen als auch das Resultat der kleinbürgerlich-preußischen Erziehung des Verfassers der Schrift.

Der eigentliche Inhalt der Arbeit — und damit das Wesentliche — ist freilich alles andere als kleinbürgerlich und bedeutete — um dies vorwegzunehmen — eine scharfe Attacke gegen die Theologie und den Beginn eines neuen, erfolgreichen Vormarsches der Naturwissenschaften gegen die Religion.

Die „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil gibt Kant den „Abriß einer allgemeinen systematischen Verfassung unter den Fixsternen“, d. h. er beschreibt die Struktur des Sternsystems. Im zweiten Teil unternimmt er es, den Aufbau des gesamten Universums als etwas historisch Gewordenes darzustellen, wobei die Kosmogonie des Planetensystems die detaillierteste Behandlung erfährt. Der dritte — rein spekulative — Teil schließlich beschäftigt sich mit den damals allgemein akzeptierten Bewohnern der Welten.

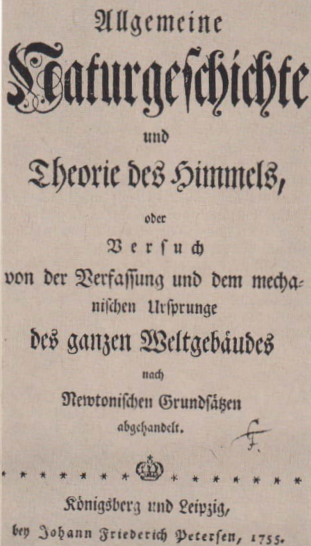
Im ersten Teil interpretiert Kant die Erscheinung der Milchstraße als ein Phänomen, das aus der räumlichen Anordnung der Fixsterne resultiert. Als Kern ergibt sich dabei: „Die Gestalt des Himmels der Fixsterne hat also keine andere Ursache, als eben eine dergleichen systematische Verfassung im Großen, als der planetische Weltbau im Kleinen hat, indem alle Sonnen ein System ausmachen, dessen allgemeine Beziehungsfläche die Milchstraße ist“ [9, S. 253], so daß damit die Milchstraße gleichsam als „Zodiakus dieser höheren Weltordnungen“ erscheint (Ebd., S. 310).

Der Inhalt dieses ersten Teils, der historisch den Beginn einer wissenschaftlichen Erforschung der Struktur des Sternsystems setzt, ist vor allem einer Schrift von Thomas Wright of Durham (1711 — 1786) zu verdanken, die Kant jedoch nicht im Original, sondern nur in Form einer dreiteiligen Anzeige in den „Freyen Urtheilen und Nachrichten“ (Hamburg, Januar 1751) kennenlernte. In der Wrightschen Arbeit „An original Theory or new Hypothesis of the Universe“ (1750) wird u. a. der Standpunkt vertreten, mit welchem auch Kant das Milchstraßenphänomen erklärt. Ungeachtet der eigenständigen Bedeutung dieser und anderer Schriften von Th. Wright geht Kant aber in der „Allgemeinen Naturgeschichte“ weit über die ihm ohnehin nur andeutungsweise bekannten Gedanken Wrights hinaus, so daß diese ihm bestenfalls als Anregung gedient haben können.

Kernpunkt der Kantenschen Arbeit ist der zweite Teil, in dem die Geschichtlichkeit des Universums dargelegt wird. Auch auf diesem Gebiet hat Kant Vorläufer gehabt, deren Werke er auch gründlich studierte, wie sowohl aus der Vorrede als auch aus den Literaturangaben hervorgeht. Vor allem sind in diesem Zusammenhang René Descartes (1596 — 1650) und G.-L. L. Buffon (1707 — 1788) zu nennen. Wenn man von den antiken Keimen der Entwicklungsideen bei Lukrez, Epikur, Demokrit und einigen Andeutungen von J. Keplers absieht, war Descartes der erste, der eine Kosmogonie versucht hatte. Er nahm einen Weltäther an, aus dessen Wirbeln die Himmelskörper entstanden sein sollten.

Bei Kant besteht der Grundgedanke darin, daß alle Himmelskörper aus einem chaotisch im Weltall verteilten Urstoff, einem „elementarischen Grundstoff“ entstanden sind. Die Geschwindigkeiten der einzelnen Partikel dieses Grundstoffs sind anfangs regellos verteilt, jedoch ziehen vereinzelt vorhandene große Partikel die kleineren an, so daß sich mit der Zeit ein Zentralkörper herausbildet, der das Bestreben hat, immer mehr Masse auf sich zu vereinen. Dies scheitert jedoch daran, daß die Teilchen auf ihrem Weg zum Massezentrum mit anderen zusammenstoßen und so der „Attraction“ eine „Repulsion“ entgegenwirkt. Dabei entstehen außerhalb der „Ursonne“ weitere Massekonzentrationen, aus denen sich die Planeten bilden.

In gleicher Weise stellt sich Kant die Entstehung der Planetenmonde vor, denn ein Planet ist — wie die Sonne im Großen — im Kleinen das „Hauptstück eines Systems“, dessen Teile „durch die Attraction des Centralkörpers in Bewegung gesetzt worden“ [9, S. 286]. Nacheinander erläutert Kant dann unter Anwendung des Gravitationsgesetzes die detaillierten Vorgänge bei der Bildung der Sonne, des Saturnrings, der Kometen und des Zodiakallichtes, jenes „Halsschmucks der Sonne“ [9, S. 308].



Voll von kühnen, originellen und auch heute noch lesenswerten Ideen ist der Abschnitt „Von der Schöpfung im ganzen Umfange ihrer Unendlichkeit sowohl dem Raume als der Zeit nach“. Hier entwirft Kant das großangelegte Bild eines ständigen Werdens und Vergehens der Welten im Universum, während der Kosmos insgesamt unzerstört erhalten bleibt. Kant denkt sich zwar das gesamte Weltall als aus Systemen bestehend, die ganz ähnliche Elemente enthalten wie unsere nähere kosmische Nachbarschaft, d. h. Sonnen mit Planeten, Sternsysteme und Metasysteme, aber dieser Aufbau des Universums soll nicht von Anbeginn vorhanden gewesen sein, sondern sich ebenfalls in einem historischen Prozeß herausgebildet haben: „Es ist vielleicht eine Reihe von Millionen Jahren und Jahrhunderten verflossen, ehe die Sphäre der gebildeten Natur, darin wir uns befinden, zu der Vollkommenheit gediehen ist, die ihr jetzt beizuhohlet; und es wird vielleicht ein ebenso langer Periodus vergehen, bis die Natur einen ebenso weiten Schritt in dem Chaos tut: allein die Sphäre der ausgebildeten Natur ist unaufhörlich beschäftigt sich auszubreiten. Die Schöpfung ist nicht das Werk von einem Augenblicke. Nachdem sie mit der Hervorbringung einer Unendlichkeit von Substanzen und Materie den Anfang gemacht hat so ist sie . . . die ganze Folge der Ewigkeit hindurch wirksam. Es werden Gebirge und ganze Gebirge von Millionen Jahrhunderten verfließen, binnen welchen immer neue Welten und Weltordnungen nacheinander . . . sich bilden und zur Vollkommenheit gelangen werden . . .“ [9, S. 316].

Die Faszination dieser Gedanken, in denen neben die Geschichte einzelner Himmelskörper auch die Geschichtlichkeit des Universums als Ganzes tritt, ist unbestreitbar. Hier finden wir den von Leibniz stammenden Gedanken einer „fortschreitenden Perfektion der Welt mit materialistischem Inhalt gefüllt“ (G. Klaus).

IV

Die historische Bedeutung der „Allgemeinen Naturgeschichte“ besteht darin, daß mit diesem Werk erstmals unter Anwendung von Naturgesetzen ein Einbruch in jene „versteinerte Naturauffassung“ gewagt wird, die alles Bestehende als einmal erschaffen und hernach starr und unveränderlich in ihrem Zustand verharrend begreift. Kant hatte objektiv den „Angriff auf die Ewigkeit des Sonnensystems“ unternommen und damit exemplarisch auch den Angriff auf die Idee einer einmaligen göttlichen Erschaffung der Natur. Indem Kant auf einen Schöpfungsakt für die kosmischen Objekte verzichtete, nahm er in der Frage der Kosmogonie einen materialistischen Standpunkt ein. Nichts kann deutlicher diesen Umstand kennzeichnen als der kühne Satz aus der Vorrede: „Gebet mir Materie, ich will eine Welt daraus bauen! Das ist, gebet mir Materie, ich will euch zeigen, wie eine Welt daraus entstehen soll“ [9, S. 231/32].

Betrachtet man die weitere Entwicklung der Naturwissenschaften und speziell der Astronomie, so zeigt sich die Richtigkeit der Einschätzung von F. Engels, der in der Kantschen „Naturgeschichte“ und damit im Aufkommen des Entwicklungsgedankens den „Springpunkt alles ferneren Fortschritts“ erblickte [1, S. 14]. Die materialistischen und dialektischen Elemente der Kantschen Arbeit wurden denn auch von den Klassikern des Marxismus aufgegriffen und sind so zum Bestandteil der wissenschaftlichen Entwicklungstheorie des dialektischen Materialismus geworden. Die Kantsche Arbeit hat nachweislich auch auf Herders naturphilosophische Ansichten ausgestrahlt, in denen die Geschichte als eine Fortführung der Naturentwicklung gesehen wird (Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit, 1784) und auch Schellings sowie Goethes Auffassungen positiv beeinflusst.

Eine wichtige Rolle haben Kants Darlegungen speziell bei der weiteren Entwicklung der Kosmogonie gespielt. Die Darstellung der Rezeption und Überwindung dieser Vorstellungen bis in unsere Zeit würde eine vollständige Geschichte der neueren Kosmogonie ergeben.

Bei aller Großartigkeit der Kantschen Arbeit ist sie aber kein isoliertes Phänomen, sondern mündet in den breiten Strom der Ideen der europäischen Aufklärung ein. Der Entwicklungsgedanke brach sich im 18. Jahrhundert allenthalben Bahn. Namen wie C. F. Wolff, J. H. Lambert, Lamarek, L. Oken, N. Stenson, R. Hooke, Leibniz u. a. markieren die Fortschritte in der Ausbreitung der Evolutionskonzeption auf den verschiedensten Wissenschaftsgebieten. Georg Christoph Lichtenberg (1742 bis 1799), Kants Zeitgenosse und Briefpartner, hat die Aufgabe einer wissenschaftlichen Entwicklungstheorie scharf umrissen, indem er feststellte, daß sie „nach allgemein eingestandenen Gesetzen und Eigenschaften der Materie und der Bewegung den gegenwärtigen Zustand“ so erklären müsse, „daß wir, ohne Erdichtung auf Erdichtung zu häufen, durch den natürlichen Fortgang der Schlüsse endlich auf den gegenwärtigen Zustand geführt werden, ohne daß ihm ein einziges Factum widerspräche und auch keines unerklärt bliebe“ (Zit. nach [4]). Mit diesem hohen Anspruch hat Kant seine „Naturgeschichte“ geschrieben.

Die weitere wissenschaftliche Entwicklung freilich ließ bald erkennen, daß zu Kants Zeit noch zu

wenig Fakten bekannt waren, um dieser Forderung damals umfassend gerecht werden zu können. Kant hat dies gewußt. Nicht zuletzt wegen der astronomischen Fortschritte noch zu seinen Lebzeiten (vor allem durch F. W. Herschels Wirken) hat Kant eine Neuauflage seiner „Naturgeschichte“ abgelehnt. Lediglich ein von dem Magister Gensichen verfertigter Auszug der Schrift wurde von Kant autorisiert und erschien im Jahre 1791 bezeichnenderweise als Anhang zu: „William Herschel. Über den Bau des Himmels. Drey Abhandlungen aus dem Englischen übersetzt.“ Die Originalausgabe von 1755 hat kaum Verbreitung gefunden, da der Verleger bankrott machte und sein Warenlager versiegelt wurde, noch ehe die Schrift auf die Messe gekommen war. Dennoch blieb Kants „Naturgeschichte“ nicht unbekannt, da noch zu seinen Lebzeiten mehrere, vom Autor freilich nicht genehmigte Nachdrucke erschienen, die weitgehend auf dem Exzerpt von Gensichen beruhten (1797, 1798, 1799 und 1808).

Ungeachtet der Tatsache, daß Kants Kosmogonie später manche fachwissenschaftliche Kritik geerntet hat und nicht geeignet war, alle beobachteten Fakten widerspruchsfrei zu erklären, ist ihr Einfluß auf die Kosmogonie doch bis in unsere Tage zu spüren. Auch in den modernen kosmogonischen Vorstellungen finden sich noch zahlreiche Anklänge an die Ideen I. Kants, wenn heute auch weit über eine nur mechanische Betrachtungsweise hinausgegangen wird (vgl. [3] und [13]). Historisch ist Kants Verdienst indessen kaum hoch genug zu veranschlagen: es war der „größte Fortschritt, den die Astronomie seit Kopernikus gemacht hatte. Zum erstenmale wurde an der Vorstellung gerüttelt, als habe die Natur keine Geschichte in der Zeit“ [2, S. 52]. Es war ein Schritt von programmatischer Tragweite, der uns heute Anlaß gibt, die Kantschen Frühschriften und insbesondere seine „Naturgeschichte“ als einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung unseres wissenschaftlichen materialistischen Weltbildes zu würdigen.

Literatur:

- [1]: Engels, F.: Dialektik der Natur, Berlin 1959. — [2]: Engels, F.: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring“), Berlin 1971. — [3]: Friedemann, Ch.: Das Weltall, Leipzig, Jena, Berlin 1971. — [4]: Goetz, D.: Georg Christoph Lichtenbergs Ansichten über die Entwicklung in der Natur, NTM, Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin, Beiheft 1964, S. 280–290. — [5]: Herrmann, D. B.: Zur Geschichte des Entwicklungsgedankens in der Astronomie, Astronomie in der Schule 9 (1972) 33–37. — [6]: Hoskin, M.: The Cosmology of Thomas Wright of Durham, Journal for the History of Astronomy 1 (1970) 44–52. — [7]: Jackisch, G.: Der Beitrag von I. Kant zur Entwicklung der Planetenkosmogonie, Astronomie in der Schule 11 (1974) H. 1. — [8]: Jones, K. G.: The observational Basis for Kants Cosmogony: a critical analysis. Journal for the History of Astronomy 2 (1971) 29–34. [9]: Kant, I.: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. In: Immanuel Kants Werke, Bd. 1, Hgg. v. A. Buchenau, Berlin 1912, S. 219–370 (Alle Kant-Zitate des vorliegenden Aufsatzes nach dieser Ausgabe). — [10]: Kant, I.: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. In: Immanuel Kant. Frühschriften, Bd. 1, Hgg. v. G. Klaus, Berlin 1961, S. 35–199, Einleitung von G. Klaus: Die Frühschriften Immanuel Kants — ihre philosophiehistorische und wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung: S. VV–XCVII. — [11]: Kant, I.: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, hgg. v. F. Kraft, München 1971, Nachwort von F. Kraft: S. 179–195. — [12]: Sticker, B.: Bau und Bildung des Weltalls. Kosmologische Vorstellungen in Dokumenten aus zwei Jahrtausenden, Freiburg, Basel, Wien 1967. — [13]: Treder, H.-J.: Thesen zur Kosmogonie und Erdentstehung, In: Berichte der Deutschen Gesellschaft für Geologische Wissenschaften, Reihe A, Bd. 16 (1971). — [14]: Wahner, R.: Zur philosophischen Bedeutung von Kants kosmogonischen Vorstellungen. Astronomie in der Schule 11 (1974) H. 1. — [15]: Marx/Engels: Ausgewählte Schriften in zwei Bänden, Bd. 2, Berlin 1952. — [16]: Quo vadis, Universum? Zum Problem der Entwicklung in Naturwissenschaft und Philosophie, Hgg. von H. Ley u. a., Berlin 1965.

Bestimmung von Fixsternhelligkeiten anhand photographischer Himmelsaufnahmen mit den Mitteln des Amateurs

R. SCHIELICKE

Einleitung

Eine der wichtigsten Informationen, die man durch die Beobachtung der Fixsterne erhalten kann, ist die scheinbare Helligkeit. Für die Messung der Intensität der zur Erde gelangenden Strahlung eines Sterns können vier verschiedene Methoden angewendet werden: die visuelle, photographische, lichtelektrische und thermoelektrische Photometrie.

Während bei der visuellen, lichtelektrischen und thermoelektrischen Methode die Strahlung direkt auf das Meßorgan (Auge, Photozelle oder Sekundärelektronenvervielfacher, Thermoelement oder Bolometer) gelangt, dient als Strahlungsempfänger in der photographischen Photometrie die Photoplatte. Das Licht der Fixsterne ruft auf der Platte Schwärzungen hervor, die als Maß für die Helligkeit benutzt werden. Die photographische Methode ist dann am geeignetsten, wenn die Genauigkeitsforderung bei der Bestimmung der scheinbaren Helligkeiten nicht zu groß ist und/oder wenn eine große Anzahl von Sternen — etwa zu statistischen Zwecken — gemessen werden soll.

Entstehung der Schwärzungsscheibchen

Die Fixsterne werden auf der Photoplatte nicht punktförmig abgebildet, sondern erscheinen als geschwärzte Scheibchen mit einer Ausdehnung von 20 µm bis 500 µm und größer (Abb. 1, S. I). Die Schwärzung hat in der Mitte des Scheibchens ihr Maximum und fällt nach außen zentralsymmetrisch ab. Dieses Schwärzungsprofil entsteht durch zwei Komponenten:

1. Beeinflussung des Sternlichts bis zur Oberfläche der photographischen Platte und
2. Effekte, die in der Platte auftreten.

Zur ersten Komponente tragen drei Faktoren bei:

- 1.1. Die Szintillation als Auswirkung der Luftunruhe in der Erdatmosphäre führt zu einer statistischen Ablenkung des Sternlichtes um einen Mittelpunkt und bei längerer zeitlicher Integration während der Belichtung zu einer Verbreiterung des Profils
- 1.2. An der Teleskopöffnung, an Blenden und an der Kassettenhalterung treten Beugungserscheinungen auf, die fokale Intensitätsverteilungen erzeugen. Hier entstehen die bekannten Beugungskreuze, die besonders bei hellen Sternen auf Schmidtspiegel-Aufnahmen deutlich werden.
- 1.3. Fehler der Optik führen in der Brennebene zu gaußförmigen Intensitätsverteilungen.

Messungen des mittleren Profils in der Brennebene haben zu der Funktion $f(r) = \frac{A}{1 + \left(\frac{r}{R}\right)^B \left(1 + \frac{r}{CR}\right)}$

geführt [1], die das Profil bis zu einer Entfernung vom Zentrum $r = 10 R$ analytisch beschreibt. Darin bedeuten r die Entfernung vom Zentrum des Scheibchens, R die „Halbwertsbreite“, A , B und C freie Parameter. Die Funktion ähnelt für $r \leq R$ der Gaußverteilung und es treten starke „Flügel“ auf (Abb. 2). Das in der Brennebene auf diese Weise verteilte Sternlicht tritt nun in die Photoplatte ein.

Entsprechend dem photographischen Prozeß entsteht in der auf dem Trägermaterial (Glas oder Film) befindlichen Emulsion das latente Bild, welches nach dem Entwickeln und Fixieren als Schwärzung auf dem Negativ sichtbar wird. Während der Belichtungszeit wirkt die zweite, das Schwärzungsprofil bestimmende Komponente [2]:

- 2.1. Das einfallende Licht wird an den in der Emulsion statistisch verteilten Kristallen gestreut, es bildet sich der Diffusionslichthof
- 2.2. Der Anteil des Lichtes, der in den Schichtträger gelangt, wird an dessen Rückseite reflektiert, kommt dann von der Trägerseite aus wieder in die Emulsion und es entsteht der Reflexionslichthof.

Beide Effekte werden von den Platten- und Filmherstellern weitgehend durch dünne Emulsionsschichten bzw. Anfärben des Emulsionsträgers oder dessen Rückseite in ihrer Wirkung gemildert. Auf der Photoplatte entsteht auf diese Weise von jedem Stern ein Schwärzungsscheibchen, wie es zum Beispiel Abb. 1 zeigt.

Allgemeines zur photographischen Photometrie

Die Schwärzung S der photographischen Schicht, definiert durch $S = \log \frac{i_0}{i}$ (i_0 : Intensität des auftreffenden Lichts, i : Intensität des durchgelassenen Lichts), ist abhängig von der Intensität I des bei der Belichtung eingefallenen Lichtes und der Belichtungszeit t . Abb. 3 gibt die Form der Schwärzungskurve wieder, deren linearer Teil für die Photometrie genutzt werden kann.

Bei der Astrophotographie handelt es sich im allgemeinen um kleine Intensitäten I , so daß man oft nur mit großen Belichtungszeiten t zum Ziel gelangt. Gerade in diesem Fall muß man aber noch berücksichtigen, daß die Schwärzung S nicht eindeutig von $I \cdot t$ abhängt, sondern nach dem von Schwarzschild aufgestellten Schwärzungsgesetz von $I \cdot t^p$. Der Schwarzschild-Exponent p ist kleiner als 1 und liegt für große t bei 0,8.

Zur Bestimmung der scheinbaren Helligkeit eines Fixsterns oder, was dasselbe bedeutet, zur Ermittlung der Intensität I des aufgefallenen Lichtes sind Angaben über die gesamte vom Sternlicht hervorgerufene Schwärzung S , die Belichtungszeit t und den Schwarzschild-Exponenten p wegen der Abhängigkeit dieser Werte von Aufnahme- und Entwicklungsbedingungen und der verwendeten Emulsion von jeder einzelnen Platte, die zu photometrischen Zwecken benutzt werden soll, notwendig. Da die theoretische Bestimmung dieser Werte nicht möglich ist, leitet man sie mit Hilfe einer

Abb. 2:
Mittleres Profil des Stern-
lichts in der Brennebene
(gestrichelt: Gauß-
verteilung).

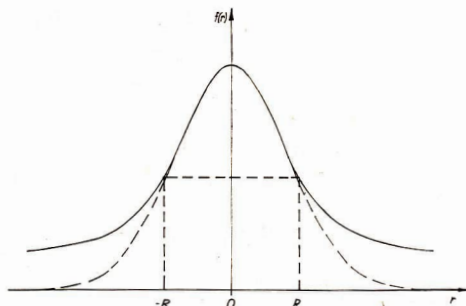
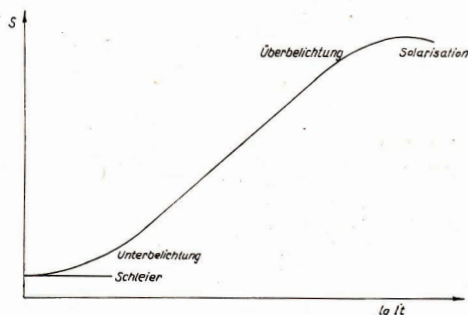


Abb. 3:
Schwärzungskurve
 $S = f(I \cdot t)$.



Skala oder von Standardsternen ab. Im ersten Fall belichtet man mit einem Stern bekannter Helligkeit die Platte nacheinander an nebeneinander gelegten Stellen mit unterschiedlicher Belichtungszeit, im zweiten Fall bildet man lichtelektrisch — also mit großer Genauigkeit — photometrierte Sterne auf der Platte mit ab und verschafft sich so eine Eichkurve, die die Abhängigkeit der scheinbaren Helligkeit von den Meßwerten darstellt. Die photographische Methode führt also in den allermeisten Fällen zu einer relativen Photometrie.

Erwähnt werden muß noch, daß der Spektralbereich, für den die Standardhelligkeiten angegeben sind, möglichst gut mit der spektralen Empfindlichkeit der zur Photometrie benutzten Kombination von Aufnahmegerät, Filter und Plattensorte übereinstimmen sollte.

Weiterhin muß man berücksichtigen, daß die Sterne auf der photographischen Platte nicht überall in der gleichen Schärfe abgebildet werden, die Abbildungsgüte nimmt im allgemeinen nach dem Rande hin ab. Man erkennt, daß zu gleichstarken Schwärzungen der Bilder verschiedene Sternhelligkeiten gehören können, wenn man einige Sterne unterschiedlicher Helligkeit mehrmals nacheinander in verschiedenen Abständen von der Plattenmitte aufnimmt. Nach dem Vergleich der Schwärzungen lassen sich diese Zonenfehler durch Korrekturen zum großen Teil eliminieren. Treten dazu unterschiedliche Korrekturgrößen in Abhängigkeit vom Positionswinkel auf, steigt der Rechenaufwand schnell an.

Durch umfangreiche lichtelektrische Messungen von Sternhelligkeiten liegen gegenwärtig neben der Polsequenz und den Kapteynschen Eichfeldern eine große Anzahl hinreichend genau bekannter Sternhelligkeiten in vielen Veröffentlichungen vor. So sind z. B. in fast allen offenen Sternhaufen Standardsequenzen vorhanden, so daß bei vielen photometrischen Vorhaben zusammen mit den Sternen unbekannter Helligkeit auch Standardsterne gleichzeitig erfaßt werden können. Wenn das aber nicht möglich ist, kann man durch eine Übertragungsaufnahme dennoch zu einer Eichkurve ge-

langen. Dazu verdeckt man bei der Aufnahme der unbekannten Objekte einen Teil der Platte und belichtet unmittelbar darauf mit Sternen bekannter Helligkeit in möglichst gleicher Zenitdistanz und mit gleicher Belichtungszeit, wobei die Abdeckung jetzt den anderen Plattenteil erfäßt. Dabei sind etwa vorhandene Zonenfehler zu berücksichtigen.

Diese Bemerkungen gelten für alle Arten der photometrischen Auswertung photographischer Himmelsaufnahmen, da ja stets unbekannte Helligkeiten durch Vergleich mit von bekannten Helligkeiten erzeugten Bildern abgeleitet werden.

Stufenschätzmethode

Die einfachste Methode zur Bestimmung von Sternhelligkeiten mit Hilfe photographischer Himmelsaufnahmen ist wohl die Anwendung der aus der visuellen Photometrie bekannten Argelanderschen Stufenschätzmethode [3]. Die Platte als einmal gewonnenes Dokument gestattet die Auswertung zu beliebigen Zeiten und auch noch lange nach dem Beobachtungszeitpunkt.

Bei der Stufenschätzmethode werden immer zwei Sterne A und B, von denen einer eine bekannte Helligkeit hat, miteinander verglichen und die Differenz ihrer Größen allgemein in vier Stufen geschätzt. Erscheinen beide Schwärzungsscheibchen immer gleichartig oder mal eins, mal das andere größer, so wird die Stufe 0 zugeordnet (A0B oder B0A). Erscheinen beide Bilder beim ersten Anblick fast gleich geschwärzt, aber bei näherem Hinsehen erweist sich A als stärker geschwärzt als B, so weist man Stufe 1 zu (A1B). Wird das eine Bild bei jeder Betrachtung für zweifellos stärker geschwärzt gehalten als das andere, so nimmt man einen Unterschied von zwei Stufen an (A2B, falls A heller als B). Eine sofort auffallende Verschiedenheit wird mit drei Stufen bewertet.

Auf diese Weise kann ein Stern unbekannter Helligkeit zwischen Sternen bekannter Helligkeiten eingeschachtelt werden. Es wird deutlich, daß dabei mehrere fast gleich helle Sterne, die noch dazu möglichst benachbart stehen sollten, benötigt werden.

Durchmesser-methode

Bald nachdem durch die epochemachende Entdeckung Daguerres im Jahre 1839 die Möglichkeit gegeben war, das auf einer jodierten Silberplatte unter Einwirkung des Lichts erzeugte latente Bild durch Behandlung mit Quecksilberdämpfen hervorzurufen und dauernd auf der Platte zu erhalten, tauchte der Gedanke auf, das neue Verfahren auch zu quantitativen Lichtmessungen nutzbar zu machen. Arago ist wohl der erste gewesen, der auf die Bedeutung der Photographie für diesen Zweck hingewiesen hat, und durch seinen Einfluß haben Fizeau und Foucault 1844 die ersten gründlichen Untersuchungen angestellt. Während ihre Arbeiten wie die von Bunsen und Roscoe sich in astronomischer Hinsicht nur auf die Sonne erstreckten, regte Bond zuerst an, auch die Helligkeiten der Fixsterne auf photographischem Wege zu ermitteln. 1858 veröffentlichte er seine Feststellung, daß der Durchmesser der Schwärzungsscheibchen als Maß für die photographische Helligkeit der Sterne dienen kann.

Noch 40 Jahre später schrieb G. Müller [4], daß „die Methode der Durchmesserbestimmung als die bei weitem beste anerkannt“ wäre. Auch heute, wo uns lichtelektrische Empfänger in vielen Typen zur Verfügung stehen, wird die Methode der Durchmesser-auswertung dann herangezogen, wenn für statistische Zwecke umfangreiches Material bearbeitet werden muß und mittlere Fehler in den Helligkeiten von $\pm 0,2$ mag zugelassen werden können.

Die Durchmesser der Schwärzungsscheibchen können mit einer Anordnung, wie sie Abb. 4 zeigt, gemessen werden. Ein Mikroskop (Vergrößerung 20 mal bis 50 mal) mit einem Fadenkreuz kann auf einem Gestell mit Hilfe einer Schraube und einer Druckfeder hin und her bewegt werden, die Größe der Verschiebung ist an einer mit dem Gestell verbundenen Meßuhr abzulesen. Das Gestell muß während der Messung hinreichend sicher gegen Verrutschen auf der Platte (Glasseite) stehen. Die Platte liegt auf einem Lichtkasten, mit dem sie von unten durchleuchtet wird. Zur Bestimmung des Durchmessers eines Schwärzungsscheibchens wird zuerst der linke Rand auf einen Faden des Fadenkreuzes eingestellt, die Null der Skala an der Meßuhr mit dem Zeiger zur Deckung gebracht und dann der rechte Rand eingestellt. Der Durchmesser ist unmittelbar ablesbar. Zur Erhöhung der Genauigkeit werden mehrere Einstellungen gemittelt. Etwa vorhandene Beugungskreuze sind durch einen geeigneten Positionswinkel bei der Messung zu berücksichtigen. Die Meßfehler entstehen im wesentlichen durch die Unsicherheit beim Einstellen auf die Ränder der Schwärzungsscheibchen.

Messungen mit einer nach dem angegebenen Schema aufgebauten Anordnung haben zu der in Abb. 5 gezeigten Eichkurve geführt. b ist die scheinbare Helligkeit im B-Bereich, d_b der Durchmesser der Schwärzungsscheibchen. Eine Ausgleichsrechnung führte zu den Beziehungen

$$b = 22,4 - 0,0528 d_b; \quad d_b \leq 140 \mu\text{m}; \quad b = 50,7 - 16,5 \lg d_b; \quad 120 \mu\text{m} \leq d_b \leq 300 \mu\text{m}.$$

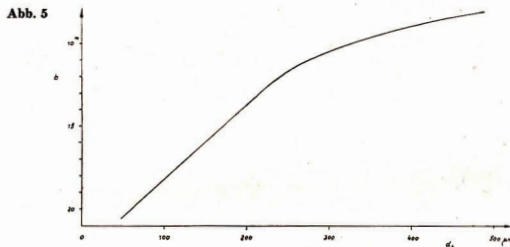
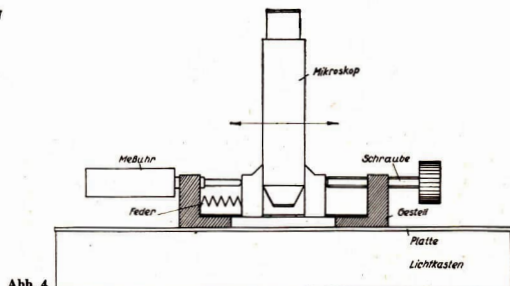
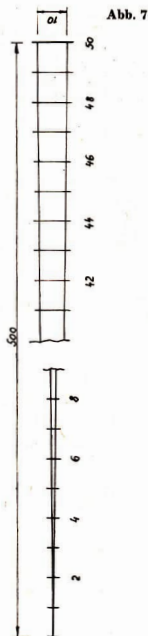


Abb. 4: Meßeinrichtung zur Durchmesserbestimmung.

Abb. 5: Durchmesser-Helligkeitsbeziehung (direkte Messung).

Abb. 7:

Schablone zum Ausmessen der vergrößerten Bild Durchmesser.

Der mittlere Fehler einer Messung ergab sich zu $\pm 4 \mu\text{m}$, das entspricht bei einem mittleren Anstieg der Eichkurven $\pm 0,2 \text{ mag}$. Dieser Wert ist im Bereich $140 \mu\text{m}$ bis $400 \mu\text{m}$ (10^m bis 16^m) von der Helligkeit unabhängig.

Mit sehr viel weniger technischem Aufwand lassen sich Sternhelligkeiten bestimmen, wenn von den Platten Vergrößerungen (z. B. 20fach) hergestellt werden. Durch Verwendung harten Photopapiers lassen sich außerdem schärfer begrenzte Schwärzungsscheibchen erzielen. Abb. 6 (S. I) zeigt eine solche Vergrößerung im Originalmaßstab. Dabei erreichen die kleinsten Bilder einen Durchmesser von fast $0,5 \text{ mm}$. Das Ausmessen geschieht am einfachsten mit einer auf durchsichtigen Kunststoff (Piacryl) geritzten Schablone nach Abb. 7. Durch Einpassen der Scheibchen zwischen die beiden konvergierenden Geraden werden die Durchmesser bestimmt. Meßpunkte mit eingezeichneter Eichkurve zeigt Abb. 8. Die mittleren Fehler der Einzelmessung ergeben sich zu $\pm 0,3 \text{ mag}$.

Festblendenphotometer

Festblendenphotometer arbeiten nach dem in Abb. 9 angegebenen Prinzip. Das Licht einer Photometerlampe L tritt nach einem Kollimator C durch die Blende B, diese wird auf der Platte P durch das Mikroskopobjektiv M_1 abgebildet. Über M_2 und die Feldlinse F gelangt das die Platte durchsetzende Licht auf einen lichtelektrischen Empfänger, dessen Ausgangssignal nach Verstärkung registriert werden kann. Die Blende ist so groß zu wählen, daß ihr Bild auf der Platte die hellsten zu messenden Sterne umschließt, sie muß von der Lampe sehr gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Vor der Messung ist der Stern im Lichtstrahl zu zentrieren.

Der Meßbereich mit einer solchen Blende umfaßt etwa vier bis fünf Größenklassen. Änderungen der

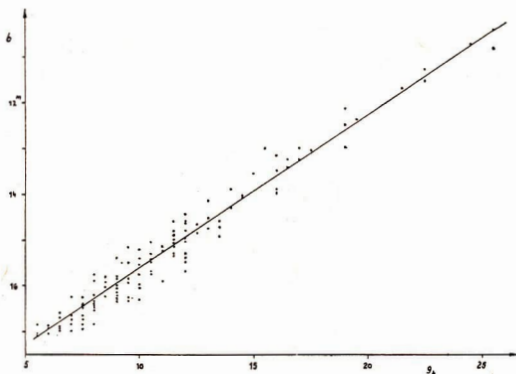


Abb. 8:
Durchmesser-
Helligkeits-
Beziehung
(Messung nach
Vergrößerung).

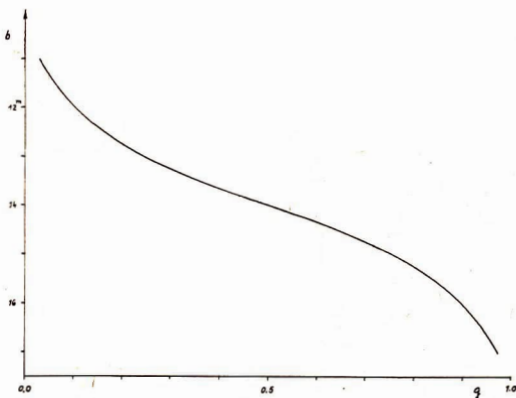


Abb. 10:
Typische Eichkurve
eines Festblenden-
photometers.

Lampenhelligkeit und der Verstärkung am Ausgang gehen voll als Fehler in das Meßergebnis ein. Außerdem muß gewährleistet sein, daß die Schicht der Platte beim Messen der verschiedenen Sterne immer in der Fokalebene von M_1 liegt, da sonst weitere Fehler entstehen.

Bei diesem Verfahren besteht die Möglichkeit, den Einfluß des Plattenschleiers zu berücksichtigen,

wenn man als Meßwert den Quotienten $q = \frac{d_s}{d_t}$ verwendet, wobei d_s den Meßwert des Sterns und d_t den Meßwert des Schleiers in der Umgebung des Sterns bezeichnet [5]. q liegt zwischen Null und Eins. Der erste Wert ergibt sich bei einem Stern, der die Blende völlig verdeckt, der zweite bei äußerst schwachen Sternen. Abb. 10 zeigt eine typische Eichkurve.

Der wegen der verschiedenen Justiereinrichtungen komplizierte mechanische Aufbau der Festblendenphotometer dürfte die Möglichkeiten der meisten Amateure und Fachgruppen übersteigen, so daß diese kurzen prinzipiellen Angaben an dieser Stelle genügen sollen.

Professionelle Methoden

Als Ergänzung soll noch auf ein Prinzip hingewiesen werden, nach dem die meisten der speziell zur Sternphotometrie entwickelten Geräte arbeiten. Dabei wird statt einer festen Blende eine Meßirisblende benutzt. Diese wird nach einem Vorschlag von Siedentopf [6] soweit um die einzelnen Sternbilder geschlossen, daß der durchgehende Lichtstrom bei allen Sterngrößen konstant bleibt. Das Verfahren hat den Vorteil, daß der Einfluß des Plattenschleiers fast ganz ausgeschaltet wird und daß auch die Säume der größeren Schwärzungsscheiben mit bei der Messung berücksichtigt werden.

Der Meßbereich dieser Irisblendenphotometer umfaßt oft mehr als 10 Größenklassen, die Meßfehler sind wesentlich kleiner als die durch den photographischen Prozeß bedingten Fehler, die bei 0,05 mag und darüber liegen.

Es ist kein technisches Problem, den Meßvorgang für eine große Anzahl von Sternen auf einer Platte einschließlich der Reduktion der Meßwerte auf EDV-Anlagen zu automatisieren. Allerdings ist zu diskutieren, ob das von Siedentopf angegebene Meßprinzip für eine rationelle vollautomatische Plattenauswertung wegen der mechanischen Bewegung von Irisblende und Plattentisch geeignet ist. In [7] wird mitgeteilt¹⁾, daß H. Brück vom Royal Astronomical Observatory Edinburgh eine Schmidt-Platten-Meßmaschine entwickelt hat, die im ersten Arbeitsgang durch zeilenweise Abtastung x, y-Koordinaten der Sterne mit einer Meßgeschwindigkeit von 10 000 Sternen pro Stunde und einem Fehler von $\pm 10 \mu\text{m}$ auf Lochstreifen ausgibt. Dieser steuert den zweiten Arbeitsgang, bei dem mit einer Geschwindigkeit von 900 Sternen/h die Fehler der Positionen auf $\pm 0,5 \mu\text{m}$ verkleinert und Sternbilddurchmesser mit einem Fehler von $\pm 0,2 \mu\text{m}$ durch Spiralabtastung mit einem Elektronenstrahl bestimmt werden.

Damit ist der Überblick über die Methoden der photographischen Photometrie abgerundet. Es war nicht das Ziel, Bauanleitungen für spezielle Meßgeräte zu geben, sondern die Prinzipien näher zu betrachten, die auch ohne großen Aufwand an Auswertetechnik gestatten, Sternhelligkeiten mit Hilfe photographischer Himmelsaufnahmen zu bestimmen.

¹⁾ S. auch A. u. R. 1/74, S. 29.

Literatur:

- [1] Seboldt, W. *Astron. and Astrophys.* 22 (1973), 217 bis 227. — [2] Stapf, H. *Fotografische Praxis*, VEB Foto-kinoverlag Halle 1963. — [3] Schumachers Jahrbuch für 1844, 122–254. — [4] Müller, G. *Die Photometrie der Gestirne*, Engelmann Leipzig 1897. — [5] Weaver, H. in *Handbuch der Physik* Band 54, 139. Springer Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962. — [6] Siedentopf, H. *Astron. Nachrichten* 254 (1934), 33. — [7] *Nature* 225 (1970), 308.

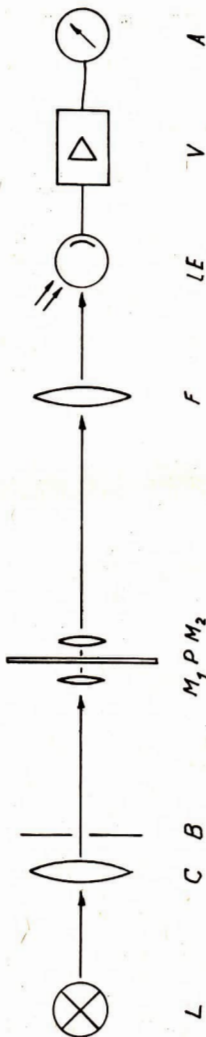


Abb. 9: Prinzip des Festblendenphotometers.

L Photometerlampe, C Kollimator, B Blende, M₁, M₂ Mikroskopyobjektiv 1 bzw. 2, P Platte, F Feldlinse, I E Irisblende, V Verstärker, A Anzeige.

Neue Ergebnisse der Monduntersuchungen durch Lunochod 2

KARL-HEINZ NEUMANN

Zusammenfassender Überblick über die Fahrtstrecke, die wissenschaftliche Instrumentierung und bisherige Forschungsergebnisse des Mondfahrzeugs.

Luna 2 landete am 15. Januar 1973, um 22 Uhr 35 Min. WZ, im südlichen Teil des Kraters Le Monnier. Die Landestelle hat folgende selenografische Koordinaten: $30^{\circ} 27'$ östlicher Länge und $25^{\circ} 51'$ nördlicher Breite. Der Landepunkt liegt also nahe dem Südrand des „Halbkranzes“ Le Monnier. Dieses Gebiet wurde vor allem deshalb gewählt, weil hier die Möglichkeit bestand, Unterschiede der Mondoberfläche in Gebieten mit Mare-Charakter (der mit Magma aufgefüllte Krater Le Monnier), der Übergangszone zwischen Mare-Gebieten und hügeliger Landschaft, dem Rand des hügeligen Gebietes sowie schließlich einer geradlinigen Rille bei einem einzigen Unternehmen ausführen zu können. Es ging dabei darum, die physikalischen und chemischen Grundeigenschaften sowie den geologisch-morphologischen Zustand dieser verschiedenartigen Oberflächenformationen eingehend zu untersuchen. Ferner sollten topographische Angaben gesammelt, lokale Magnetfelder erkundet sowie auch die optischen Eigenschaften des Oberflächenmaterials überprüft werden.

Daneben führte Lunochod 2 erstmalig auch ein sogenanntes Astrophotometer mit, bei dem durch zwei Meßinstrumente sowohl im visuellen Spektralbereich als auch im ultravioletten Strahlungsbereich Messungen der Helligkeit des Mondhimmels während des Mondtages, in der „Dämmerungszeit“ und in der Mondnacht ausgeführt werden sollten.

Das zweite Mondmobil besaß ein Magnetometer, welches an einem rd. 1,5 Meter langen Ausleger nach vorn oben angebracht war. Wie Lunochod 1 verfügte es auch über ein Gerät zur chemischen Untersuchung, welches nach dem Prinzip eines Röntgenspektrometers arbeitete, wobei die Röntgenstrahlung von zwei Platten rechts und links des Gerätes auf den Mondboden abgestrahlt wurde. Dieses Gerät führt die Bezeichnung Rifma-M.

Zur Beurteilung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Bodens befand sich am hinteren Teil (wie bei Lunochod 1) eine Art Bohrgerät. An beiden Seiten von Lunochod 2 waren je zwei Panoramakameras angebracht. Mit der einen wurden Aufnahmen in horizontaler Richtung, mit der zweiten Aufnahmen in vertikaler Richtung gemacht; in horizontaler Richtung jeweils mit einem Gesichtsfeld von 180° , in vertikaler jeweils vom Nadir zum Zenit. Neu war bei diesen Panoramakameras eine besondere eingebaute Platte (sie machte nur einen kleinen Teil des Panoramabildes aus), auf der sich 39 Neutralfilter befanden. Mit Hilfe dieser Filter war es möglich, eine sehr exakte fotometrische Analyse der Reflexionsfähigkeit des Oberflächenmaterials vorzunehmen.

Geologisch-morphologische und topographische Untersuchungen des Geländes gestatteten sowohl die Panoramaaufnahmen als auch die Fernsehbilder, die zur Steuerung des Fahrzeuges zur Erde übertragen wurden.

Als ergänzende Elemente für diese Untersuchungen diente das sogenannte neunte Rad (praktisch ein Tachometer zur Messung der zurückgelegten Strecke) sowie äußerst präzise Vermessungen der exakten Position von Lunochod 2 auf der Mondoberfläche.

Im Inneren von Lunochod 2 waren Meßgeräte für die Bestimmung der kosmischen Strahlung untergebracht. Gemessen wurde dabei die primäre kosmische Strahlung (aus dem galaktischen Raum), die solare kosmische Strahlung sowie die radioaktive Strahlung des Materials der Mondoberfläche durch ein unabhängig davon arbeitendes Gerät.

Zur Bestimmung der genauen Position von Lunochod 2 auf der Mondoberfläche diente ein Laserstrahlempfänger mit der Bezeichnung Rubin 1. Für Entfernungsmessungen zu jenem Ort der Mondoberfläche, an dem sich Lunochod 2 jeweils befand, wurde ein in Frankreich entwickelter Laser-Reflektor (schon bei Lunochod 1 vorhanden) eingesetzt. Die jeweiligen Winkel der Stellung des Lunochods in den beiden horizontalen Achsen konnten durch eine Art „Wasservage“, die auf dem Panoramabild des in vertikaler Richtung arbeitenden Panoramabildes mit eingeblendet wurde, exakt ermittelt werden.

Gegenüber dem bei Lunochod 1 eingesetzten Gerät Rifma zur chemischen Bodenanalyse war Rifma-M bedeutend empfindlicher und so verändert worden, daß eine größere Anzahl chemischer Elemente damit gemessen und registriert werden konnte.

Bei den Fernsehkameras, die zur Steuerung von Lunochod 2 verwendet wurden, gab es gegenüber denen von Lunochod 1 wesentliche Verbesserungen. Erstens war die Bildqualität bedeutend höher — sie entsprach fast jener der Panoramabilder von Lunochod 1 — zweitens wurde die Frequenz der

Fernsehbildübertragungen gesteigert. Eine dritte Kamera war außerdem vorn oben an einem Ausleger angebracht, der etwa der Augenhöhe eines auf dem Mond stehenden Menschen entsprach. Das vor allem ermöglichte es, die Fahrgeschwindigkeit von Lunochod 2 gegenüber seinem Vorgänger zu erhöhen und Hindernisse bzw. schwierige Streckenabschnitte von der „Bodenbesatzung“ besser und sicherer erkennen zu lassen.

Im Forschungsgebiet von Lunochod 2 gaben sowjetische Selenologen einigen charakteristischen Formationen auf oder in der Nähe der Fahrstrecke spezielle Namen. Eine kleine Bucht am Südrand des Kraters Le Monnier z. B., die rund 15 km südöstlich der Landestelle von Luna 21 zu finden ist, erhielt den Namen „Runde Bucht“; der eingangs erwähnte Grabenbruch die Bezeichnung „Gerade Furche“.

Im Verlaufe des ersten und des zweiten Mondtages bewegte sich Lunochod 2 über die mit Basalt gefüllte Oberfläche des „Halbkranzes Le Monnier“ in südöstlicher und südlicher Richtung. Dabei wurden weitere Untersuchungen eines Gebietes mit Mare-Charakter ausgeführt. Die festgestellten Ergebnisse deckten sich im wesentlichen mit den Untersuchungen, die mit Lunochod 1 in einem reinen Mare-Gebiet erfolgten.

Nachdem die hügeligen Ausläufer des Taurus-Gebirges erreicht waren, wurde die Fahrtrichtung geändert. Das Mobil bewegte sich nun nach Osten. Am 3. Mondtag wurden in dieser Hügellandschaft eine ganze Reihe interessanter Gebilde der Mondoberfläche sehr eingehend untersucht. Bei der Festlegung der zu untersuchenden Objekte waren im Steuerungszentrum auf der Erde Selenologen, Astrophysiker und Astronomen sowie die Konstrukteure des Mondmobils ständig als Berater anwesend. Sie bestimmten bei dem immer wechselnden Geländecharakter jene Punkte, an denen Panoramaaufnahmen gemacht werden sollten oder Untersuchungen notwendig waren.

In dem Gebiet mit Mare-Charakter traten die schon von Lunochod 1 bekannten Formen der Oberfläche auf. Es sind dies meist kleinere Krater sowie in einzelnen Fällen auch ausgedehnte Gesteins- bzw. Geröllfelder. Am häufigsten waren dabei Krater anzutreffen, die schon stark durch die „Verwitterung“ eingeebnet waren. Es müssen also Gebilde sein, die in der Frühgeschichte des Mondes entstanden sind.

Ein weiteres spezielles Merkmal sind die sogenannten Sekundär-Krater. Sie entstanden durch den Einschlag von Brocken, die bei der Bildung größerer Krater ausgeworfen worden sind. Rund 25 Prozent aller in dem Gebiet mit Mare-Charakter registrierten Krater sind solche Sekundär-Krater, die Durchmesser von 50 cm bis zu 2 m haben.

Die Stärke der Regolithschicht konnte aus relativ jungen Sekundär-Kratern in diesem Gebiet abgeschätzt werden. Sie schwankt zwischen 1 und 6 m. Damit gibt es eine gute Übereinstimmung mit dem von Lunochod 1 untersuchten Gebiet im Oceanus Procellarum.

Im Vorgebirge untersuchte Lunochod 2 den Außenhang des Walls eines Kraters von etwa 2 km Durchmesser. Bei einem an diesem Hang vorhandenen Krater von etwa 20 m Durchmesser konnten Terrassen nachgewiesen werden, die durch Bergrutscherscheinungen entstanden waren. Sie haben Längen von 10 bis 15 m. Interessant ist ferner, daß in dieser Vorgebirgslandschaft die Zahl der kleineren Krater wesentlich geringer ist als in dem Gebiet mit Mare-Charakter. Sie macht nur ein Drittel bis maximal die Hälfte der Anzahl aus. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht darin, daß in dieser Hügellandschaft, wie aus der Untersuchung von relativ jungen Kratern festgestellt werden konnte, die Schicht des losen Materials (Regolith) bis zu 10 m Tiefe reicht.

Lunochod 2 bewegte sich nun in östlicher Richtung und erreichte das Gebiet der „Runden Bucht“, das auch von der Erde her mit Fernrohren deutlich zu erkennen ist. Die besten Mondkarten kennen sie nach. Bei der Untersuchung dieses Gebietes überwand Lunochod 2 Steigungen bzw. Neigungen von 12 bis 17 Grad. Über 100 m lange terrassenförmige Gebilde konnten hier gefunden werden.

Nächstes Ziel bei der Fahrt des Mondmobils war die „Tiefe Furche“. Sie hat eine Länge von 15 bis 16 km, liegt an der Südostküste des Kraters Le Monnier und verläuft in Nord-Süd-Richtung. Ihre Tiefe ist unterschiedlich, sie beträgt zwischen 40 und 80 m.

Nach den bisher vorliegenden Vorstellungen ist diese „Tiefe Furche“ in der „postmaritimen“ Entwicklungsperiode des Mondes entstanden, zu einer Zeit also, als der Kratergrund von Le Monnier bereits von Basaltlava bedeckt gewesen ist. Es könnte aber auch sein, daß diese Furche, deren Ausläufer sich noch über die angrenzende Hügellandschaft bis weit durch das Taurus-Gebirge verfolgen lassen, als neuartiger Einbruch nach der Überflutung des Kraters Le Monnier mit Basaltlava entstanden ist.

Während auf der Erde tektonische Brüche durch die bedeutend stärkere Verwitterung sich nicht mehr deutlich abbilden, sind sie auf dem Mond durch die rein kosmisch bedingte „Verwitterung“ noch recht gut erhalten.

Bei der Untersuchung dieses tektonischen Bruches konnte man feststellen, daß sowohl am West- als auch am Ostrand in einem Gebiet von etwa 30 bis 40 m Breite das Mondmaterial in Richtung des

Zentrums dieser Bruchzone verlagert war. Die Tiefe der Regolithschicht nimmt in Richtung zur Annäherung an diese Bruchzone ständig ab. Am Rand der Furche ist praktisch überhaupt kein Regolith mehr festzustellen. Hier tritt der felsige Untergrund zu Tage und außerdem gibt es hier eine breite Zone mit Geröll. Die dabei festgestellten und „fotografierten“ Bruchstücke des Gesteins haben Durchmesser bis zu 2 m und mehr. Hinter dieser Geröllschicht nimmt die Neigung der Wand dieses tektonischen Bruches Werte von 30 bis 35 Grad an. Auch auf diesen Abhängen befinden sich Geröllschichten aus mitunter sehr großen Blöcken.

Bei den Arbeiten von Lunochod 2 am Rand dieser Bruchzone ließ sich erstmalig tatsächliches „Muttergestein“ der Mondoberfläche direkt untersuchen. Es gab Strecken von einigen Dutzend Metern, an denen dieses Urgestein ohne Regolithschicht direkt zu Tage trat.

Eine wesentliche Aufgabe bestand auch in der Untersuchung der Tragfähigkeit des Mondbodens. Sie erfolgte auf zweierlei Art: Direkte Messungen mit Hilfe des am hinteren Teil des Mondfahrzeuges angebrachten „Bohrgerätes“, und Bestimmung der Tragfähigkeit durch die Panoramaaufnahmen. Es stellte sich heraus, daß die Tragfähigkeit zwischen großen Werten schwankt, und zwar zwischen 0,1 kg und 1 bis 1,5 kg pro Quadratzentimeter. Hier ergibt sich eine Übereinstimmung mit den Meßwerten, die mit Lunochod 1 erzielt wurden. Festgestellt werden konnten Gebiete, in denen die Räder des Mondmobils 20 bis 30 cm tief in das Mondmaterial eingedrungen sind, dagegen aber auch Bereiche, die mit einer dünnen Schicht von Regolit bedeckt sind, wobei das Einsinken der Räder nur wenige Millimeter betrug. Dabei fuhr das Mondmobil sozusagen auf festem Untergrund.

Das verbesserte Gerät „Rifma-M“ lieferte Informationen über die chemische Zusammensetzung. Besonderer Wert wurde bei diesen Untersuchungen darauf gelegt, den Gehalt an Eisen in der Mondmaterie festzustellen. Es war bereits bekannt, daß in den Gebieten der Mondmare der Eisengehalt größer ist als der in den Festlandsgebieten. Es ging auch darum, das Verhältnis zwischen dem Gehalt an Eisen und dem an anderen Elementen wie beispielsweise Aluminium oder Titan festzustellen.

Am Wall eines Kraters von 40 m Durchmesser in geringer Entfernung vom Landeort wurden die ersten chemischen Analysen durchgeführt. Es ergaben sich folgende Werte: Silizium etwa 24 ± 4 Prozent, Kalzium 8 ± 1 Prozent, Eisen $6 \pm 0,6$ Prozent, Aluminium 9 ± 1 Prozent. Diese Messungen stehen in einem gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen, die „Lunochod 1“ lieferte, als es im „Meer des Regens“ Untersuchungen ausführte. Hier betrug der Eisengehalt etwa 10 bis 12 Prozent.

Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei der Untersuchung eines Kraters, der etwa 1,5 km von der Landestelle entfernt war. Er hatte einen Durchmesser von 13 m.

Je mehr sich „Lunochod 2“ dem hügeligen Gelände des Vorgebirges, den Taurus-Bergen näherte, desto stärker nahm der Eisengehalt ab. In einem Abstand von etwa 5 km von der Landestelle machte der Eisengehalt nur noch $4,9 \pm 0,4$ Prozent aus.

Der geringste Eisengehalt wurde am 19. Februar registriert. Er betrug nur noch $0,4 \pm 0,4$ Prozent; der Aluminiumgehalt in dieser Gegend allerdings schon $11,5 \pm 1$ Prozent.

Durch den Einsatz des „Rifma“-Gerätes bei „Lunochod 2“ konnten also wesentliche Unterschiede im Mare- und Festlandsgebiet festgestellt werden. Die Reflexionseigenschaften der Mondoberfläche waren verschieden. Die Möglichkeiten zu einer genauen Vermessung der Reflexionseigenschaft der Mondoberfläche ergaben sich dadurch, daß in den Panoramakameras des Mondmobils Lichtfilter eingebaut waren, die sowohl Aussagen über die Helligkeit als auch über die Farbe des Mondmaterials gestatteten. Dadurch konnten ebenfalls Rückschlüsse auf die chemische Struktur des Oberflächenmaterials gezogen werden.

Die durch die Mondflugkörper vom Typ „Sonde“ gewonnenen zahlreichen Farbaufnahmen der Mondoberfläche gestatteten es, zusammen mit Farbaufnahmen, die von der Erde aus gemacht wurden, auch in Gebieten, in denen bisher kein Raumflugkörper landete und Analysen durchführte, trotzdem die chemische Struktur des Oberflächenmaterials zu bestimmen.

Eine erste Bearbeitung des gesamten vorhandenen Materials ergab, daß die Werte, die das Instrument „Rifma-M“ geliefert hat, mit den anderen Werten übereinstimmen.

Es ist schon seit dem Flug von „Luna I“, „Luna II“ und „Luna III“ bekannt, daß der Mond kein allgemeines Magnetfeld besitzt. Lokale Magnetfelder sind an seiner Oberfläche allerdings inzwischen schon entdeckt worden. Wie sie entstanden sind, darüber hat die Wissenschaft noch keine plausible Erklärung. Möglicherweise können sie mit dem Restmagnetismus des Mondgesteins zusammenhängen. Vielleicht sind aber auch durch die auf den Mond eingefallenen Meteoriten (speziell Eisenmeteoriten) hier lokale Magnetfelder entstanden.

Das Magnetometer, welches sich an Bord von „Lunochod 2“ befindet, war während der gesamten Zeit in Tätigkeit. Nicht nur während der Phasen, als das Mobil auf dem Mond stand, sondern auch während des Fahrens wurden Messungen des Magnetismus vorgenommen. Sie ergaben, daß es lokale stärkere Magnetfelder gibt, daß aber an anderen Stellen überhaupt keine magnetische Aktivität des Gesteins der Mondoberfläche festgestellt werden konnte.

Interessant ist ferner, daß während der Zeiten, an denen „Lunochod 2“ an bestimmten Stellen der Mondoberfläche stand, Veränderungen in der Intensität des jeweiligen Magnetfeldes auftraten. Diese Feststellung deutet darauf hin, daß auch das interplanetare Magnetfeld, welches durch den „Sonnenwind“ in den interplanetaren Raum getragen wird, bestimmte Induktionsprozesse auf der Mondoberfläche erzeugen kann. Eine genaue Analyse dieser Messungen ermöglicht es, die Leitfähigkeit des Mondbodenmaterials bis in einige Hundert Kilometer Tiefe zu bestimmen. Damit erhält man Vorstellungen von der chemischen Struktur des Mondbodenmaterials bis in diese Tiefenbereiche.

Es gibt bekanntlich ein Abkommen zwischen der Sowjetunion und Frankreich über die Zusammenarbeit bei der Kosmosforschung. Wie „Lunochod 1“ führte auch „Lunochod 2“ einen Laserreflektor mit, der für Experimente zur Laserortung bestimmt ist. Damit ist es möglich, die tatsächliche Entfernung des Mondes von der Erde bzw. bestimmter Punkte seiner Oberfläche mit höchster Genauigkeit festzustellen. Es gibt bekanntlich keine mathematisch exakte Lösung des sogenannten Drei-Körper-Problems, in diesem Fall also von Sonne-Erde-Mond. Für die weitere Entwicklung der Raumfahrt ist es aber unbedingt notwendig, die genaue Bahn des Mondes zu bestimmen. Diese Laserortungen dienen dazu, Meßwerte zu erhalten, die es gestatten, die rein empirischen Formeln für die Bestimmung der Mondbahn entsprechend zu verändern bzw. zu korrigieren.

In der Sowjetunion wird das 2,6-m-Spiegelteleskop des Astrophysikalischen Observatoriums auf der Krim zur Laserortung genutzt. Die ersten Ortungen erfolgten im Juni 1973. Sie wurden und werden etwa zwei- bis viermal im Monat fortgesetzt. Die einzelnen Impulse haben eine Zeitdauer von 10^{-8} Sekunden. Das von dem französischen Reflektor zurückgesandte Signal ist bis auf 10^{-19} , zum Teil sogar bis auf 10^{-20} mal in der Intensität abgeschwächt. Aus der Laufzeit des Signals von der Erde zum Mond und zurück wird die Entfernung des Mondes bestimmt. Die Genauigkeit der Zeitmessung liegt dabei bei etwa 10^{-8} Sekunden. Einige Hundert Lichtimpulse werden bei jeder Messung ausgestrahlt. Das Zeitintervall zwischen den einzelnen Lichtimpulsen beträgt 3 Sekunden. Damit ist es möglich, die Entfernung des Mondes bzw. des Standortes von „Lunochod 2“ bis auf ± 30 cm zu bestimmen.

An Bord von „Lunochod 2“ befand sich noch ein weiteres Gerät für die Laserortung, „Rubin I“. Mit diesem Gerät war es möglich, jeweils die genaue Position des Mondmobils festzustellen. Von der Erde aus wurden Laserimpulse ausgestrahlt. Traf der Laserstrahl den Empfänger „Rubin I“, so wurde von dem Mondmobil ein Impuls ausgesandt. Es handelte sich dabei um ein Funksignal, das bestätigte, daß diese Position die des Mondmobils ist. Die Registrierung des Funksignals erfolgte auf optischem Wege, d. h. auf Film. Insgesamt wurden 4000 Impulse für die Positionsbestimmung ausgesandt, und in 1500 fotografischen Aufnahmen konnte die Position des Mondmobils registriert werden. Damit war es mit einer bisher noch nie dagewesenen Genauigkeit möglich, die Fahrtstrecke des Mondmobils „Lunochod 2“ zu registrieren.

Mit dem auf „Lunochod 2“ befindlichen Astrofotometer wurde es möglich nachzuweisen, daß der Mond eine Staubatmosphäre besitzt. Dieses Astrofotometer hatte zwei Geber; einer arbeitete im sichtbaren Bereich des Spektrums, der andere im ultravioletten Bereich. Die Messungen wurden sowohl während des Mondtages als auch während der Mondnacht ausgeführt. Interessant sind die Messungen während der „Mondddämmerung“. Insgesamt 14 mal wurde dieses Astrofotometer eingesetzt. Gemessen wurde die Helligkeit des Mondhimmels, d. h. es wurden die Möglichkeiten für astronomische Beobachtungen auf dem Mond geprüft. Dabei zeigte sich, daß sowohl während des Mondtages als auch während der Dämmerungsphase, wenn die Sonne wenige Grade unter dem Horizont steht, astronomische Beobachtungen im visuellen Bereich kaum möglich sind, da eine starke Streuung an den Partikeln, die die Staubatmosphäre des Mondes bilden, besteht.

Im ultravioletten Bereich dagegen kann sowohl am Mondtag als auch in der Mondnacht beobachtet werden. Die Streuung im ultravioletten Bereich der Strahlung ist so gering, daß sie astronomische Beobachtungen ohne weiteres zuläßt. Automatisch arbeitende astronomische Fernrohre, die sicherlich in naher Zukunft auf dem Mond installiert werden, sind also in der Lage, am Mondtag Beobachtungen im Bereich der ultravioletten Strahlung sowie im Bereich der Röntgenstrahlung vorzunehmen. Dagegen können visuelle Beobachtungen, d. h. also Beobachtungen im sichtbaren Bereich des Spektrums nur in der Mondnacht ausgeführt werden. Die am Mondtaghimmel auftretende Streuung wird nicht nur durch die Sonne, sondern auch durch das Licht der Erde erzeugt.

Während der Einsatzzeit des Mondmobils am Montag wurden außerdem noch intensive Messungen der von der Sonne kommenden korpuskularen Strahlung sowie der aus dem galaktischen Raum stammenden primären kosmischen Strahlung ausgeführt. In der Einsatzzeit von „Lunochod 2“ war die Strahlungssituation relativ ruhig.

Die endgültige Auswertung der erhaltenen Meßwerte wird sicherlich noch weitere neue Ergebnisse liefern. Beim Einsatz von „Lunochod 2“ war nicht nur die Gruppe der Erdsteuerungstechniker tätig, sondern diese wurde ständig beraten und angeleitet durch erfahrene Mondforscher, Astronomen,

Astrophysiker sowie durch die Konstrukteure des Mondmobils. „Lunochod 2“ stellte mit 37 km Fahrtstrecke einen neuen Streckenrekord für ein automatisches Mobil auf dem Monde auf und erfüllte sein Programm restlos.

Amateure beobachten und berichten

Untersuchungen über den Einfluß der Sonnenaktivität auf die Bahnen künstlicher Erdsatelliten*

WOLFGANG PAUL, SIGRID ENZMANN, NINA DANNHAUER,
HEIDRUN KUNZE, MARINA LEMKE

Die Ellipsenbahnen, auf denen sich die Satelliten bewegen, unterliegen bestimmten störenden Faktoren (Gravitationseinflüsse, Luftdichteveränderungen u. a.). Wir untersuchten die Einflüsse der Sonnenaktivität auf die Bahnparameter der Ellipsenbahnen von Satelliten. Die Arbeiten wurden am 30. 11. 1972 beendet.

1. Zielstellung

Im Herbst 1971 übernahm eine Gruppe der Abiturstufe der Erweiterten Oberschule Eilenburg, bestehend aus Wolfgang Paul, Sigrid Enzmann, Nina Dannhauer, Heidrun Kunze und Marina Lemke, die Aufgabe, im Rahmen der Tätigkeit an der Satellitenbeobachtungsstation der Sternwarte „Juri Gagarin“, Eilenburg, mit Hilfe von Messungen von Satellitenpositionen die Änderung der Umlaufzeiten künstlicher Erdsatelliten in Abhängigkeit von der Sonnenaktivität zu bestimmen.

Das Hauptziel der Arbeit bestand in der Untersuchung der Auswirkungen der Sonnenaktivität auf die Dichte der Hochatmosphäre, sowie deren Einfluß auf die Satellitenumlaufzeiten. Zu Beginn unserer Tätigkeit erfolgte die Festlegung der folgenden Objekte und Zeiträume der Untersuchung: Das Objekt Rakete Kosmos 71-75 für das Jahr 1967 und Explorer 19 im Zeitraum 1968.

2. Die Strahlung der Sonne als wesentlichste Ursache der Änderung der Umlaufzeit der Satelliten

Die Sonne strahlt je Sekunde eine Energie von $3,86 \cdot 10^{23}$ kW in den Raum. In der Erdfernung fällt auf einen Quadratmeter die Energie von 1,374 kW.

Neben dem sichtbaren Licht sendet die Sonne eine Radiofrequenzstrahlung aus. Die Erdatmosphäre läßt im wesentlichen nur die Strahlung der Wellenlängen im Bereich zwischen 300 bis 2000 nm durch, das „optische Fenster“.

Die Strahlung zwischen 1 cm und 15 m Wellenlänge, die im Radiofrequenzbereich liegt, kann von der Erde ebenfalls beobachtet werden (das „Radiofenster“), während die noch größeren Wellenlängen von der Ionosphäre der Erde nicht durchgelassen werden. Die Wellenstrahlung wird vorrangig auf den Wellenlängen von 20 cm und 10,7 cm gemessen.

Der immer vorhandenen ungestörten Strahlung überlagert sich eine mehr oder minder intensive Störstrahlung. Während die ungestörte Radiofrequenzstrahlung thermischen Ursprungs ist, weiß man über die Entstehung noch wenig. Man nimmt an, daß die ab und zu auftretenden Strahlungsausbrüche, auch Outbursts genannt, im Zusammenhang mit Flecken, Fackeln, Eruptionen und Störungen der Sonnenkorona stehen. Ihre Dauer beträgt zum Teil nur wenige Sekunden, ihre Intensität erreicht aber das Millionenfache des normalen Betrages.

* Preisarbeit im COPERNICUS-Jugendwettbewerb

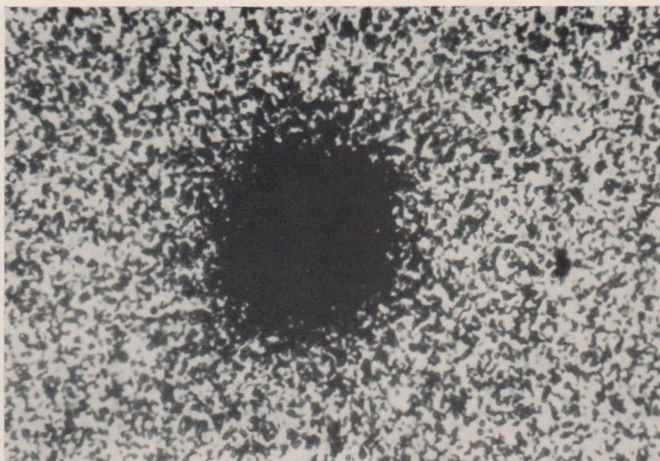


Abb. 1, oben: Stark vergrößertes Schwärzungsscheibchen (Aufn.: G. Schörlitz, Hochschulfilm- und Bildstelle Jena).

Abb. 6, unten: 20fach vergrößertes Sternfeld. Die für das Ausmessen günstige Abbildung der Sterne dunkel auf hellem Grund Hintergrund wurde durch eine Zwischenvergrößerung erhalten.

Zum Beitrag S. 37 „Bestimmung von Fixsternhelligkeiten . . .“

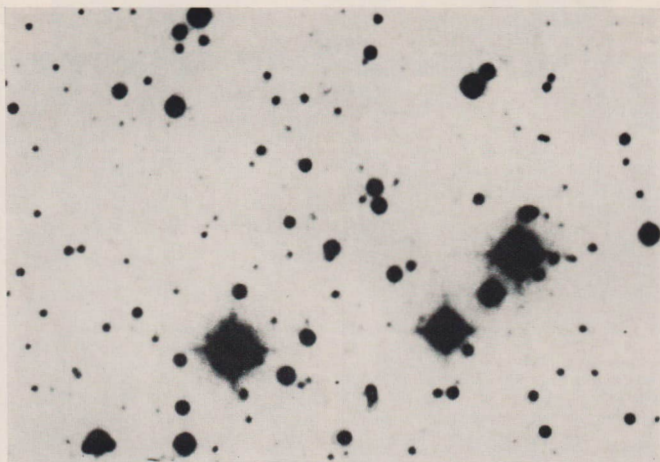
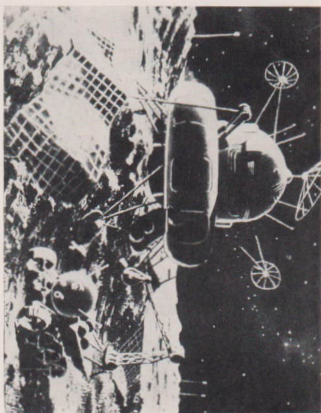




Abb. 1

Abb. 2



Bilder
der sowjetischen
Kosmos-Maler

Leonow und Sokolow



Abb. 6

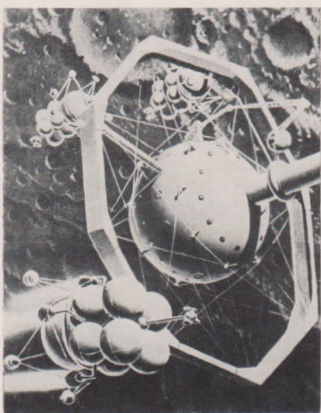


Abb. 4



Abb. 5, oben

Abb. 3, unten

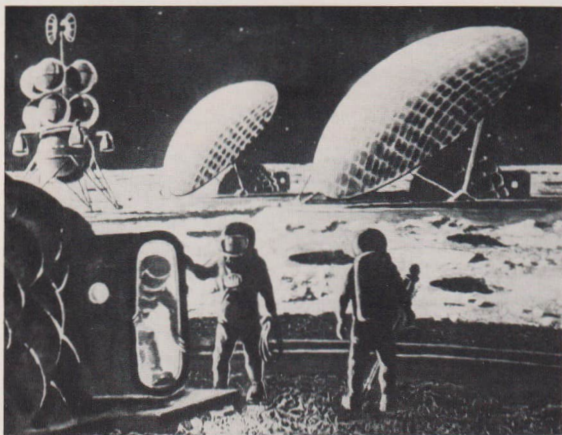


Abb. 1: Zwei gekoppelte Raumstationen vom Typ Salut mit zwei angedockten Sojus-Transportraumschiffen. — Abb. 2: Künftiger unbemannter Mondforschungsflugkörper, der durch ein Lunochodähnliches Fahrzeug von verschiedenen Gebieten Bodenproben sammelt, die in die Rückkehrakete verladen werden. — Abb. 3: Forschungsstation auf dem Mond. Große drehbar aufgestellte Sonnenschutzschirme, die mit Solarzellen belegt sind, sorgen während des Mondtages für eine Abschirmung der Strahlungswärme. — Abb. 4: Zur Erkundung und späteren Nutzung des Mondes umkreist ihn eine große bemannte Raumstation. — Abb. 5: Eine Venus-Erkundungsstation, die in der dichten Atmosphäre des Planeten schwebt und durch die ständigen starken Winde um ihn herumgetragen wird. — Abb. 6: Eine Sonnensonde, die nahe an unser Muttergestirn herangekommen ist und deren Hitzeschilde bereits zerstört sind.



Sternfeldaufnahme mit den Doppelsternhaufen h und Chi im Sternbild Perseus und eine Satellitenspur. Der Satellit befand sich in Eigenrotation, wobei eine Helligkeitsschwankung stattfand. Das Minimum in der Nähe des Doppelsternhaufens ist zu erkennen. Astrokamera 56/250, Datum 10. Febr. 72, MEZ 19h45m bis 20h45m.

MARTIN DIETRICH jr.

Zum Beitrag S. 56 „Triebwerkmontierung für Kleinfernrohre ...“



Sternfeld-
aufnahme
(K. Gehm),
NP-15-Film,
10 min. Be-
lichtung,
„Exakta“
135 mm,
Blende 1,8.

Diese gewaltige Energie hinterläßt ihre Spuren auch in der Hochatmosphäre der Erde. Die Dichte der Atmosphäre nimmt mit der Sonnenaktivität zu. Dadurch erhöht sich der Luftwiderstand der Satelliten, die somit abgebremst werden. Die Verkürzung der Umlaufzeit hängt nach den Keplerschen Gesetzen mit der Verkleinerung der Bahn und der Erhöhung der Geschwindigkeit zusammen. Diesen Zusammenhang zu untersuchen, war das Hauptziel unserer Arbeit.

3. Methoden und Arbeitsverfahren

3.1. Losinski-Methode

Für die Untersuchung der Umlaufzeitänderungen der Satelliten wählen wir die Berechnung der drakonitischen Periode nach der Losinski-Methode. Bei dieser Methode werden die Umlaufzeiten der Satelliten aus den Äquatorpassagen ermittelt.

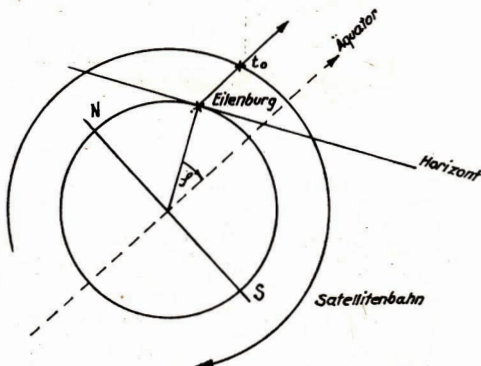
Die drakonitische Periode ist ein wichtiges Bahnelement eines Satelliten, das den verschiedenen Einflüssen wie z. B. Luftdichteschwankungen, die in kurzen Zeiträumen gering, jedoch nach Monaten oder Jahren recht erheblich sind, unterliegt. Gegen Ende der Existenz eines Flugkörpers nimmt durch das schneller sinkende Apogäum die Abbremsung stark zu, wodurch die Umlaufzeiten wesentlich kleiner werden. Diese Messungen an ein und demselben Satelliten in größeren Zeitabständen lassen Schlüsse auf die noch zu erwartende Lebensdauer des Satelliten zu.

Die drakonitische Periode läßt sich aus zwei Äquatorschnittpunkten (t_0 -Werte) ermitteln (siehe Abb. 1).

Abb. 1:

φ = geographische Breite

t_0 = Zeitpunkt des Äquatorschnittes



Man unterscheidet zwei Möglichkeiten der Berechnung:

a) der Idealfall

Es liegen die Positions- und Zeitwerte für zwei aufeinanderfolgende Umläufe vor, so daß eine direkte Ermittlung nach der Formel $P_d = t_{02} - t_{01}$ erfolgen kann, wobei t_{02} der größere Zeitwert ist.

b) der Normalfall

Der 2. Satellitendurchgang wird erst nach mehreren Umläufen gemessen, demzufolge ist eine Division durch die bekannte Anzahl der dazwischenliegenden Satellitenumläufe (n) notwendig.

$$P_d = \frac{t_{02} - t_{01}}{n}$$

Da uns die Anzahl der dazwischenliegenden Durchgänge nur in den seltensten Fällen bekannt war, ermittelten wir diese durch eine Überschlagsrechnung, wobei wir die Zeitdifferenz durch eine mittlere Umlaufzeit teilten. Diese Genauigkeit reichte aus, da wir nur mit ganzen Zahlen für n arbeiteten.

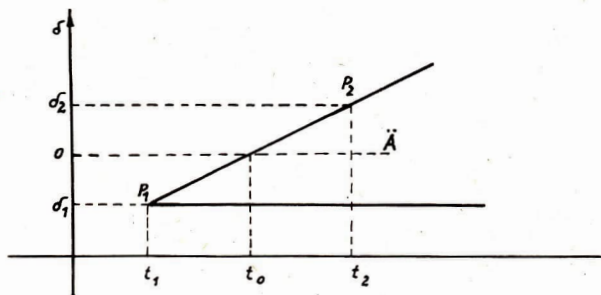
3.2. Die Berechnung des Äquatorschnittes (t_0)

Zur Ermittlung des Zeitpunktes des Äquatorschnittes aus verschiedenen Messungen können verschiedene Verfahren verwendet werden. Einmal kann das durch lineare Interpolation geschehen, die jedoch eine gewisse Ungenauigkeit aufweist, da sie die unterschiedliche Winkelgeschwindigkeit nicht beachtet. Der Äquatorschnittpunkt wird dabei nach folgender Formel, die sich aus Abb. 1 unter Anwendung des Strahlensatzes ergibt, berechnet:

$$t_0 = \frac{(t_2 - t_1) \cdot (\delta_1)}{(\delta_1) + (\delta_2)} + t_1$$

(δ = Deklination)

Abb. 2



Für die genaue Berechnung der Äquatorschnittpunkte t_0 verwendeten wir die Interpolation unter Berücksichtigung der Winkelgeschwindigkeit, d. h. es werden fünf Punkte der Bahn des Satelliten oberhalb und unterhalb des Äquators gemessen. Der Schnittpunkt mit dem Äquator t_0 läßt sich dabei auch graphisch ermitteln.

Die Interpolationsrechnung übernahm ein Computer im VEB Orbitaplast, Werk Eilenburg.

Um genügend Äquatorschnittpunkte zu erhalten, verwendeten wir auch Messungen anderer Stationen, die am Interobs-Programm beteiligt sind. Aus der großen Anzahl von untersuchten Durchgängen wurden für die beiden von uns betrachteten Satelliten folgende ausgewählt:

Stationsnummer	Stadt	Verwendete Durchgänge	Stationsnummer	Stadt	Verwendete Durchgänge
Sowjetunion:					
1014	Vologda	6	1051	Tartu II	2
1017	Dnepropetrovsk	2	1063	Orenburgh	2
1020	Kazan	4	1092	Kirow	6
1023	Nowosibirsk	10	Ungarn:		
1035	Riga I	2	1111	Budapest	6
1042	Riazan	13	1113	Baja	6
1049	Syktivkar	2	1114	Miskolc	4

Diese Positionswerte der Satelliten entnehmen wir zum größten Teil den Veröffentlichungen der sowjetischen Akademie der Wissenschaften.

Da diese Angaben nicht immer im Äquatorsystem vorhanden waren, war eine Umrechnung der Koordinaten des Horizontsystems in das Äquatorsystem notwendig. Das erfolgte nach der Formel $\sin \delta = \sin \varphi \cdot \sin h - \cos \varphi \cdot \cos A \cdot \cos h$ (A = Azimut; h = Höhe; φ = geographische Breite der Beobachtungsstation; δ = Deklination).

Da in der Regel die äquatorial gemessenen Koordinaten auf das Äquinoktium von 1950,0 abgestimmt sind, mußten die erhaltenen Werte von uns noch um den Präzessionsbetrag bis zum Beobachtungstag korrigiert werden.

3.3. Berechnen der drakonitischen Periode (P_d)

Jetzt konnten wir die drakonitische Periode, d. h. die Zeitdifferenz zwischen zwei Durchgängen des Satelliten durch seinen aufsteigenden Knoten berechnen. Da die Vermessung von Satelliten am Himmelsäquator ortsabhängig ist, mußte bei der Berechnung auf die Verwendung von Werten der gleichen Station geachtet werden.

Nachdem wir die genauen Werte für den Äquatorschneitpunkt und die Periode erhalten hatten, war es möglich, die Epoche, d. h. den Zeitpunkt, dem wir den Periodenwert zuordnen, nach der Formel

$$E = t_{01} + \frac{t_{02} - t_{01}}{2}$$

zu errechnen. Aus der Formel ist ersichtlich, daß die Festlegung der Epoche auf den Mittelwert erfolgte, da die Wahrscheinlichkeit, daß die Periode für den Zeitpunkt zwischen den beiden Zeitwerten t_0 gilt, am größten ist. Der genaue Wert der Epoche ist demnach nicht unbedingt garantiert. Eigentlich gilt sie für einen längeren Zeitraum.

3.4. Berechnen der Periodenänderung (ΔP_d)

Nach diesen umfangreichen Vorarbeiten, die uns fast ein Jahr beschäftigten, waren wir unserem eigentlichen Hauptziel ein großes Stück näher gekommen. Aus den berechneten Periodenwerten ließ sich die Änderung der drakonitischen Periode durch Subtraktion ermitteln. Da diese Änderung aber für einen verschieden langen Zeitraum gilt, genau von einer Epoche zur anderen, ist es notwendig, die Periodendifferenz durch die Differenz der Epochen zu teilen. Damit ergibt sich folgende Formel

$$\frac{\Delta P_d}{\Delta t} = \frac{P_{d1} - P_{d2}}{E_2 - E_1}$$

Zur besseren Vergleichsmöglichkeit und Darstellung der Werte $\frac{\Delta P_d}{\Delta t}$ arbeiteten wir mit einer Größenordnung von 10^{-6} , da die Differenzen sehr klein sind.

Um die ΔP_d -Werte im Diagramm genau eintragen zu können, fehlt uns noch ihre mittlere Epoche. Diese errechneten wir durch das arithmetische Mittel

$$E = \frac{E_2 - E_1}{2} + E_1$$

Danach konnten die Diagramme der zeitlichen Änderung der drakonitischen Periode gezeichnet werden, wobei wir die Epochenwerte horizontal und die ΔP_d -Werte vertikal eingetragen haben (Abb. 3 und 4).

4. Korrelationsbetrachtungen zwischen der Periodenänderung und der Sonnenaktivität

Zum Vergleich der Periodenänderungen wurden im wesentlichen drei Vergleichswerte herangezogen: Korpuskulare Teilchenstrahlung (elektrisch geladene Teilchen, Laufzeit 2–3 Tage):

- A_p = Wert für Störung des Erdmagnetfeldes (planetar gemessen)
- A_k = Wert für Störung des Erdmagnetfeldes (lokal am Observatorium Niemegeß gemessen)

Wellenerscheinungen (Ausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit, Laufzeit 8,3 min):

- $F_{10,7}$ = Radiostrahlung (Wellenlänge 10,7 cm)

Nach näherer Betrachtung stellte sich heraus, daß sich die $F_{10,7}$ -Werte schlecht in Übereinstimmung zu den ΔP -Werten bringen ließen, d. h. der Zusammenhang zwischen Umlaufzeitänderung und in Wellen abgestrahlter Energie der Sonne konnte in unserer Arbeit nicht bestätigt werden.

Die entscheidende Rolle für Luftdichteveränderungen (und damit für ΔP) muß also die Teilchenstrahlung der Sonne haben. Im Abschnitt 2 wurde erläutert, daß die elektrisch geladenen Teilchen im wesentlichen die Magnetosphäre und diese wiederum die Luftdichte beeinflussen. Für unsere Betrachtungen war es günstig, Werte der veränderten Magnetfeldstärke der Erde (A_k , A_p) zu verwenden, da diese Werte recht gut die Intensität des Sonnenwindes widerspiegeln.

Da A_k zwar im allgemeinen mit den A_p -Werten übereinstimmen, aber nur für einen bestimmten Ort genaue Werte liefern, entschieden wir uns, die speziellen Korrelationsbetrachtungen zwischen der ΔP -Kurve und der A_p -Kurve vorzunehmen. Da die Meßergebnisse über viele verschiedene Schritte

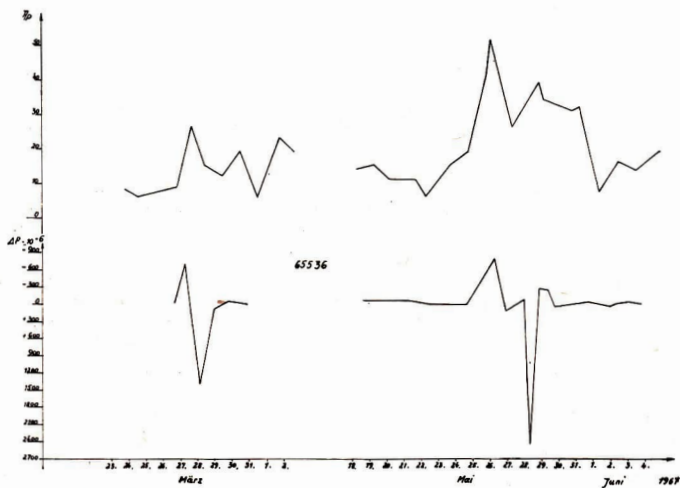
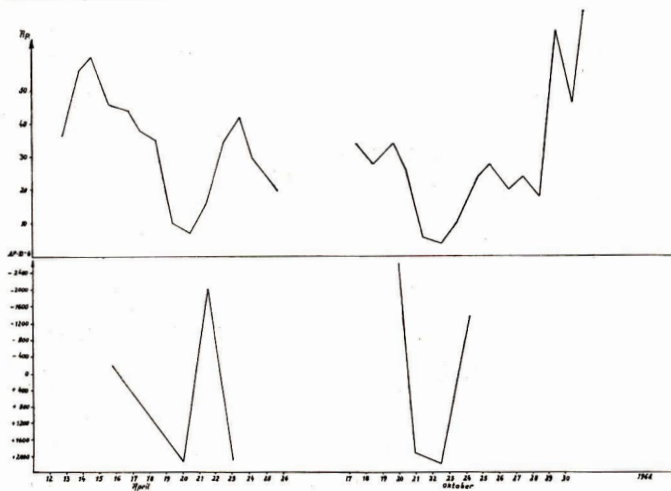


Abb. 3: Kosmos 71/75, 1967

Abb. 4: Explorer 19, 1968.



entstanden sind, und sich die Epoche aus Angaben ergibt, die manchmal über mehrere Tage hinweggehen, kann sich der errechnete Meßpunkt in der Zeitangabe des Diagramms etwas nach rechts oder links verschieben. Es ist nicht genau zu bestimmen, wann die Veränderung (Störung) eintrat. Nach der größten Wahrscheinlichkeit legten wir die Punkte auf die Mitte des Intervalls (mittlere Epoche) fest. Daraus folgt: ein Punkt der Kurve ist um so sicherer, je kürzer der Meßzeitraum (Intervall) ist. Maßgebend dafür ist stets die Dichte der Messungen der Stationen.

Die von uns ausgewählten Satelliten (Bahndaten nach „Typenbuch“) sind:

Rakete Kosmos 71/75 (1965-53 F)

Bahnneigung: 54,05°
Umlaufzeit: 95,85 min
Perigäum: 535,2 km
Apogäum: 589,2 km

Explorer 19 (1963-53 A)

Bahnneigung: 78,62°
Umlaufzeit: 115,93 min
Perigäum: 600 km
Apogäum: 2395 km

Vergleichszeiträume für diese Satelliten:

Rakete Kosmos 71/75:

25. bis 30. März 1967
18. Mai bis 2. Juni 1967

Explorer 19:

15. bis 25. April 1968
18. bis 25. Oktober 1968

Diese Zeiträume wurden ausgewählt, da für sie relativ dichte Messungen vorlagen (größere Anzahl drakonitischer Perioden) und die Umlaufzeiten der Satelliten große Schwankungen aufwiesen. Aus den 4 Betrachtungszeiträumen wählten wir einen zur näheren Erläuterung aus, um an diesem Beispiel den zu untersuchenden Zusammenhang zu zeigen.

4.1. Korrelationsbetrachtungen zu Explorer 19

(Vergleichszeitraum 20.–25. Oktober 1968)

Im wesentlichen liegen im Vergleichszeitraum zwei Maxima und ein Minimum in der A_p - und der ΔP -Kurve vor. Die Intervalle für die 4 Punkte des ΔP -Kurvenabschnittes liegen bei etwa 1 bis 3 Tagen, d. h. die Meßpunkte lassen sich ziemlich genau lokalisieren.

Interpretation der A_p -Kurve

Die A_p -Kurve hat ihr Maximum am Oktober 19,8, dann fällt die A_p -Kurve bis zum Oktober 21,4 ab. Vom Oktober 21,4 fällt die Kurve wiederum bis zum Oktober 22,5 ab, dann steigt die A_p -Kurve bis zum Maximum am Oktober 25,5 an.

Vergleich mit der ΔP -Kurve

Das erste Maximum der ΔP -Kurve liegt am Oktober 20,0 vor. Von diesem Punkt fällt die ΔP -Kurve bis zum Oktober 21,0 ab. Vom Oktober 21,0 fällt die Kurve wiederum (aber flacher) bis zum Oktober 22,5 ab (Minimum), dann steigt die Kurve bis zum Maximum am Oktober 24,2 an.

Um eine Idealkurve zu erzielen, lassen sich die Punkte der ΔP -Kurve innerhalb der zugelassenen Intervalle verschieben. Die Idealkurve ergab sich bei einer Verschiebung um durchschnittlich 0,3 Tage nach rechts.

Teilzusammenfassung

Die Übereinstimmung der A_p -Kurve und der ΔP -Kurve läßt sich in diesem Zeitraum klar darlegen. In gleicher Weise wurden die übrigen Zeiträume untersucht.

5. Ergebnisse der Gesamtbetrachtungen

Es läßt sich grundsätzlich eine gute Übereinstimmung aller A_p - und ΔP -Kurven feststellen. Damit wird die Annahme bestätigt, daß eine höhere Intensität des Sonnenwindes eine Verstärkung des Magnetfeldes und eine Verdichtung der Atmosphäre bewirkt. Daraus folgt eine Verkürzung der Umlaufzeit des jeweiligen Satelliten. Die untersuchten Satelliten reagieren differenziert auf Störungen. Dies ist aber durch die unterschiedliche Wahl der Vergleichszeiträume, durch die aerodynamischen Eigenschaften, Flughöhe u. a. bedingt. Dabei reagiert der Ballonsatellit Explorer 19 stärker als die Rakete 71/75, die ein massiver Körper ist.

Weiterhin nahmen wir an, daß die Umlaufzeitänderung und die Änderung der Magnetfeldstärke der Erde als Folge der Einwirkung des Sonnenwindes zeitlich parallel laufen. Diese Annahme bestätigte

sich nicht. Wir stellten Differenzen in der Reaktion des Satelliten (Umlaufzeitänderung) und des Erdmagnetfeldes (A_p -Werte) fest. Diese lagen in der Regel zwischen $\pm 0,3$ und $\pm 0,7$ Tagen, wobei diese Beziehung rein zufällig sein kann. Diese Tatsache kann aber auch zu der Annahme führen, daß der Satellit eher als das Magnetfeld der Erde auf Störungen, deren Ursache die Sonnenaktivität ist, reagiert.

Eine weitere Vermutung war, daß der Satellit durch seine Umlaufzeitänderung proportional zur Intensität des Sonnenwindes reagiert. Auch diese These wurde nicht in jedem Fall bestätigt. Wir stellten fest, daß bei einigen Kurvenabschnitten starke A_p -Schwankungen auch starke ΔP -Schwankungen hervorriefen, wogegen wiederum bei anderen Kurvenabschnitten eine kleine A_p -Schwankung eine starke ΔP -Wertschwankung zur Folge hatte. Daraus resultiert die Annahme, daß evtl. noch andere Faktoren, die wir nicht untersucht haben, die Bahnparameter der Satellitenbahnen beeinflussen.

Mit unseren Untersuchungen haben wir jedoch prinzipiell die Resultate anderer Stellen zum gleichen Problem an weiteren Satelliten bestätigt. Damit ist weiteres Material vorhanden, um die Untersuchungen der Hochatmosphäre zu präzisieren.

Literatur:

Wegen des großen Umfangs der verwendeten Literatur wird auf eine Übersicht verzichtet. Die verwendete Literatur wird auf Wunsch durch die Verfasser mitgeteilt.

Eine Hellfeldbeleuchtung für den Amateur

Industriell gefertigte Dunkel- und Hellfeldbeleuchtungen sind relativ teuer. Da ich als Schüler vom Kauf einer solchen Abstand nehmen muß, baute ich mir eine nach meinen Möglichkeiten, die noch den Vorzug hat, ein geringes Gewicht aufzuweisen. Da ich am Okular keine Veränderungen vornehmen wollte, kam nur eine Beleuchtung vom Objektiv her in Frage. Der Bau der Hellfeldbeleuchtung ist sehr einfach und billig. Wir fertigen uns aus Federstahl o. ä. eine Schelle (1). Der Durchmesser richtet sich nach dem der Taukappe. Die Bohrungen an der Schelle sind etwa 5,5 mm. Als nächstes fertigen wir uns Teil 2, das als Fassung für die Glühbirne (4,5 V) dient (3). Die Bohrung muß ebenfalls etwa 5,5 mm groß sein. Da eine Flügelmutter zu groß ist, nahm ich den Verschluss einer Tube (d) und bohrte für eine M-5-Schraube (a) an der Stelle b ein Loch. Nun wird die M-5-Mutter in den Verschluss eingepaßt und er kann nun als „Flügelmutter“ dienen. In Teil 2 setzen wir nun die Glühbirne (3) ein und verlöten die Anschlüsse (4; 5). Zwischen Teil 1 und 2 legen wir beim Zusammensetzen 2 Unterlegscheiben (6).

Die Helligkeit kann reguliert werden, indem wir Teil 2 einmal näher an die Taukappe heranklappen und einmal weniger. Damit erreichen wir eine stufenlose Helligkeitsregelung, weil einmal mehr und einmal weniger Licht auf das Objektiv fällt.

JOACHIM PRELL

Beobachtung des Perseidenstromes 1973

Vom 11. bis 14. August vergangenen Jahres beobachtete der Unterzeichnete zusammen mit H. Grusdat (Ergänzungsbeobachtungen während der Aufzeichnungspausen) Meteore des Perseidenstromes. Zu diesem Zweck wurde während der nachfolgend genannten Zeiten über insgesamt 7,7 Stunden hinweg vom Schonungsberg in Berlin-Rahnsdorf das Himmelsareal RA $0^h...6^h$; Dekl. $+40^\circ...+90^\circ$ überwacht:

Aug. 11 23^h48^m...24^h00^m MEZ
 Aug. 12 0^h00^m... 1^h52^m MEZ
 Aug. 12 21^h30^m...23^h40^m MEZ
 Aug. 13 21^h10^m...23^h10^m MEZ
 Aug. 14 21^h00^m...22^h30^m MEZ.

Die Aufzeichnungen, die bei Bedarf vom Unterzeichneten angefordert werden können, enthalten in zeitlicher Reihenfolge:

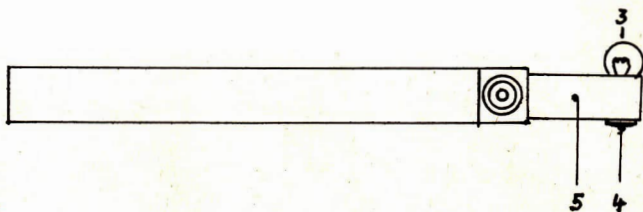
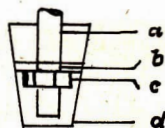
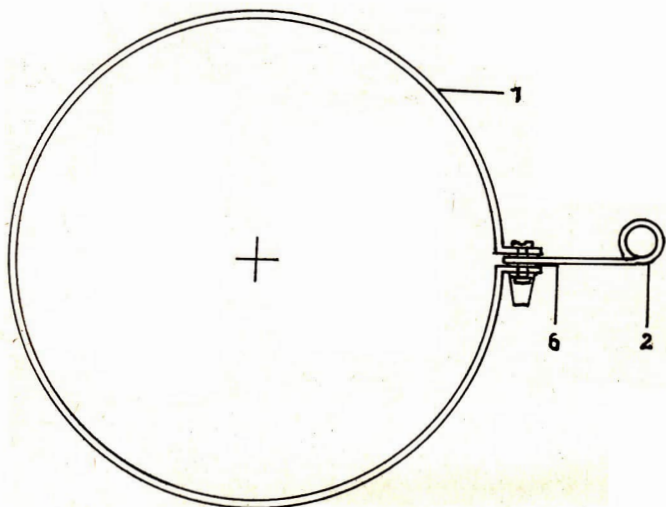
Zeitpunkte der Erscheinungen (in MEZ)
 scheinbaren Bahnverlauf (s. Abb.)

Aufleuchtdauer (auf $1/10$ sec. nach Auge-Ohr-Methode)

scheinbare Helligkeit (bis 4^m5 infolge störenden Mondlichtes, Mondalter 13^d2...16^d1)

Nachleuchtdauer (bei Erscheinungen heller als 2^m5).

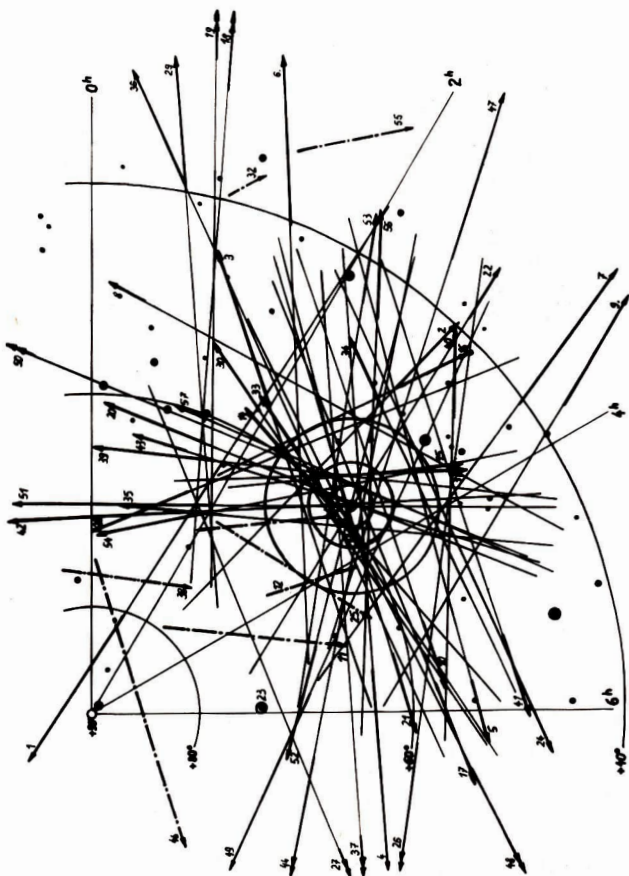
Von den insgesamt 67 beobachteten Meteoren lagen die Bahnen von 57 ganz oder teilweise im kartographierten Gebiet. Für weitere 9 im Kartenfeld beobachtete Erscheinungen kann eine Perseidenherkunft ausgeschlossen werden (Punkt-Strich-Pfeile). Zur Radiantenbestimmung standen somit 48 Meteorbahnen zur Verfügung.



Zum Beitrag „Eine Hellfeldbeleuchtung für den Amateur“

Die Abb. enthält die in zeitlicher Reihenfolge numerierten Meteorspuren (Pfeile), ihre rückwärtigen Verlängerungen (ausgezogene Linien) sowie den scheinbaren Radiant [bei RA = 3^h (25 ± 10^m) und Dekl. = $+59^\circ \pm 1^\circ$], der mit Ausstreufeldern von 4° , 8° bzw. 16° Durchmesser umgeben wurde. In diesen Kreisen befanden sich 48 %, 60 % bzw. 81 % der 48 Meteore, die mit großer Wahrscheinlichkeit Perseidenzugehörigkeit aufwiesen. Die mittlere Nachleuchtdauer der 11 beobachteten Erscheinungen dieser Art (23 % der Gesamtzahl) betrug 2,3 Sekunden.

HARTMUT URBANSKI



Einfache Triebwerkmontierung für Kleinfernrohre mit relativ hoher Genauigkeit der Nachführung

ERICH EILZER

Um auch für die zahlreichen kleineren Fernrohre, die im Besitz der Schulen und vieler Amateure sind, nicht auf die Vorteile einer Nachführung verzichten zu müssen, soll hier eine Möglichkeit gezeigt werden, wie mit geringen Kosten und technisch einfachen Mitteln dieses Problem gelöst werden kann. Mit 3 Bauteilen aus der Anfertigung unserer Industrie-Produktion: **Weckerwerk des Uhrenkombinats Ruhla — Fahrradlerlaufnabe — Kino-Panoramakopf** zur Aufnahme von Fotokameras (letzterer nicht in einfacher Ausführung für 14,10 M, sondern die Anfertigung für 32,50 M) können mit Anfertigung eigener Zusatzbauteile die Schülerfernrohre 50/540 und bei einigen Voraussetzungen auch das Schulfernrohr 63/840 verwendet werden. Die fertige Montierung ist mit ihrem Grundkörper auf das handelsübliche Zeiss-Holzdreibeinstativ oder auf das Säulenstativ mit Aufnahmepapfen von 20 mm aufsetzbar.

Das handelsübliche Weckerwerk dient als Antriebs- und Steuerorgan, die Fahrradnabe als Stundenachse und auf dem Kinokopf wird das Fernrohr mittels des 3/8-Aufnahmewindes befestigt. Das 4. Bauelement, der Zahnkranz, kann von uns geliefert werden. Wie das Ganze dann aussieht, ist aus der Abb. ersichtlich.

1. Der Antrieb

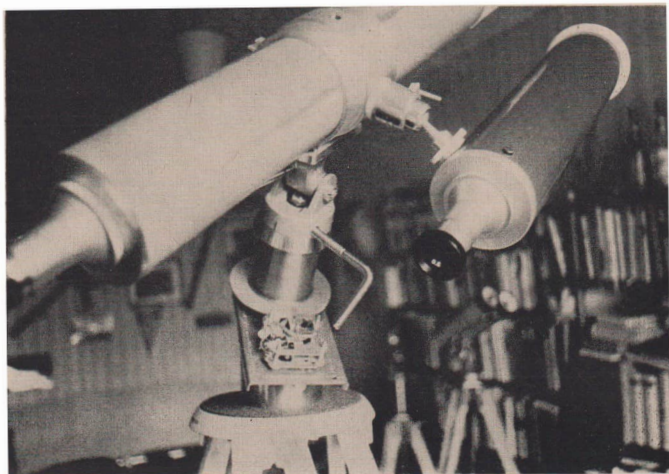
Von dem Weckerwerk wird nur das Gehwerk benötigt, das Weckerwerk muß ausgebaut werden. Der unmittelbare Antrieb der Stundenachse erfolgt durch das Antriebsrad des Weckers. Auf der Stundenachse (Fahrradnabe) muß also ein Zahnrad angebracht werden, welches mit dem Antriebsrad des Weckerwerkes in Eingriff gebracht wird. Zähnezahl und Durchmesser ergeben sich aus dem Übersetzungsverhältnis des Weckerwerkes. Das Drehmoment der Zugfeder ist nur für die Aufrechterhaltung der Unruherschwingung berechnet. Die Nachführung des Fernrohres ist also eine zusätzliche Leistung.

Das Fernrohr muß sich daher in Stunde leicht drehen lassen. Man kann die Arbeit der Zugfeder durch ein leichtes Übergewicht des Fernrohres (Tubus verschiebbar) sehr gut unterstützen. Das eigentliche Steuerorgan, die schwingende Unruhe, macht in der Stunde 14400 Schwingungen. Das heißt: 14400 mal schaltet das Uhrwerk, wenn sich das Fernrohr um 15 Grad in Stunde weiterbewegt. Das ergibt 54000 Bogensekunden. Die Fortbewegung des Fernrohres ist also praktisch eine fließende Bewegung. Das Weckerwerk selbst läßt sich durch den vorhandenen Regulierungshebel (schnellerer oder langsamer Gang) sogar auf Vorlauf bis zu 4 Minuten pro Tag auf Sternzeitgenauigkeit einstellen. Mit der hier nur andeutungsweise beschriebenen Nachführung wurden (Mond-, Planeten- und Sternfeldaufnahmen gemacht (siehe Abbildung S. IV). Die Korrektur bei Langzeitaufnahmen läßt sich durch ein kurzzeitiges Anhalten der schwingenden Unruhe bewerkstelligen. Ein Weckerwerk ist keine Präzisionsuhr, aber für den gedachten Zweck (Nachführung für visuelle Beobachtung und Astrofotografie mit einfachen Mitteln) völlig ausreichend.

2. Die Montierung

Der Grundkörper, angefertigt aus Eisen oder Kunststoff mit einer Winkelfräsung je nach geographischer Breite besitzt unten eine Bohrung von 20 mm zur Aufnahme des Stativzapfens und oben eine Durchbohrung zur Aufnahme der Stundenachse (Fahrradnabe) mit gleichzeitiger Befestigung einer Platte, auf welcher sich das Weckerwerk befindet. Die Fahrradnabe muß dahingehend bearbeitet werden, daß in Höhe des Antriebsrades vom Weckerwerk der Zahnkranz gut laufend befestigt wird. Auf dem oberen Ende der Nabe befindet sich bereits ein Gewinde. Auf dieses Gewinde wird der Kinokopf (zweckentsprechend auch auf einer Drehbank bearbeitet) aufgeschraubt. Auf diese Weise läßt sich das Fernrohr, ohne den Eingriff in das Getriebe zu lösen, durch den Kinokopf in Stunde und Deklination zur Einstellung auf die Objekte der Beobachtung frei bewegen.

Aus genannten Gründen ist ersichtlich, daß der Grundkörper angefertigt und die Nabe sowie der Kinokopf einer entsprechenden Bearbeitung bedürfen, welche die Genauigkeit der Nachführung und einen stabilen Aufbau der Montierung garantieren. Schulen und Amateure, die Verbindung zu Betrieben haben, sind dann bestimmt in der Lage, sich diese Montierung selbst aufzubauen. Nach



Klärung einiger Zuständigkeiten werden wir auch die technischen Details der Montierung gern veröffentlichen. Der Anschaffungspreis einschließlich der Bearbeitung vom Kinokopf und Nabe dürfte bei etwa 180 bis 200 M liegen.

Es ist natürlich möglich, die von uns angefertigte Konstruktion der Montierung noch wesentlich zu verbessern und zu verändern. In diesem Sinne ist durch eine Veränderung der Montierung auch die Möglichkeit gegeben, dieselbe mit einfachen Mitteln dem Zeiss-Telementor anzugleichen. Damit sind wir zur Zeit beschäftigt. Für die bereits zahlreich vorhandenen Kleinfernrohre jedoch ist die jetzige Ausführung genügend. Die Vorteile sind:

Abstrahlung des ZZ durch die Sender des Deutschen Demokratischen Rundfunks

(Ergänzung zum Beitrag „Zeitbestimmung in Heft 6/73, S. 161)

Die Programme des Deutschen Demokratischen Rundfunks senden zu folgenden Zeiten ein ZZ:

(K = Kurzzeitzeichen 5 s, Z = Zeitzeichen 30 s)

I. Stimme der DDR

wochentags:

00.00 = K
01.00 = K außer Fr. u. Sa
04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
08.00 = K
10.00 = K
13.00 = Z
15.00 = K
17.00 = K
19.00 = Z

sonntags:

01.00 = K
03.00 = K
04.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
10.00 = K
13.00 = Z
19.00 = Z
feiertags nach Programmgestaltung

Die lästige Handnachführung bei der Beobachtung entfällt. (Von großem Vorteil bei Aufstellung von mehreren Fernrohren, um Schülerbeobachtungen im Klassenverband durchführen zu können bzw. mit Arbeitsgemeinschaften effektiv zu beobachten.)

Unabhängigkeit vom Aufstellungsort des Fernrohres (unabhängig vom Stromanschluß wie bei Synchronmotoren). Bei starken Frequenzschwankungen im Stromnetz ist sogar die Feinkorrektur bei Synchronmotoren erheblich höher als bei unserem Weckerantrieb (für Normalregulierung)!

Möglichkeit des Selbstbaues der Montierung bei Nutzung der technischen Unterstützung durch einen Betrieb.

Geringer Anschaffungspreis gegenüber den industriellen Erzeugnissen.

II. Berliner Rundfunk

wochentags:

04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
12.00 = K
13.00 = Z
15.00 = K

sonn- und feiertags:

04.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
13.00 = Z

III. DDR I

wochentags:

00.00 = K
01.00 = K
02.00 = K
03.00 = K
04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
08.00 = K
09.00 = K
10.00 = K außer Sa.
11.00 = K außer Sa.
12.00 = K
13.00 = Z
14.00 = K
15.00 = K außer Sa.
16.00 = K außer Sa.
17.00 = K nur Sa.
18.00 = K nur Sa.
19.00 = Z
20.00 = K außer Sa.
21.00 = K außer Fr. u. Sa.
22.00 = K
23.00 = K außer Sa.

sonn- und feiertags:

00.00 = K
02.00 = K
04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
09.00 = K
11.00 = K
12.00 = K
13.00 = Z
14.00 = K
15.00 = K
17.00 = K
19.00 = Z
21.00 = K
22.00 = K
23.00 = K

IV. DDR II

wochentags:

04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
08.00 = K
10.00 = K
13.00 = Z
14.00 = K
17.00 = K
18.00 = K nur Sa.
22.00 = K

sonn- und feiertags:

04.00 = K
05.00 = K
06.00 = K
07.00 = Z
09.00 = K
12.00 = K
13.00 = Z
15.00 = K
19.00 = Z
22.00 = K

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Beobachterseminar „Photometrie“ in Apolda

Am 27./28. 10. 73 führte der ZFA Astronomie in Apolda ein Seminar für Photometrie durch. Daß die Veranstaltung zu einem Erfolg wurde, ist vor allem den Bundesfreunden Dipl.-Astronom Erich Bartl und Dr. Siegfried Marx zu danken.

Dr. Marx hatte kurzfristig die Darlegungen zur Photometrie übernommen und verstand es sehr gut, einen Überblick über deren Aufgaben und Methoden zu geben. Ergänzt wurden die Ausführungen durch Literaturhinweise.

Begrüßt wurde von den mehr als 30 Teilnehmern die Tatsache, daß alle Vorträge auf Band mitgeschnitten wurden und diese Aufnahmen durch eine geeignete Lichtbildreihe ergänzt werden sollen. Damit beabsichtigt der ZFA, die auf Seminaren gehaltenen Vorträge künftig den Fachgruppen Astronomie zugänglich machen zu können. Außerdem wird „Astronomie und Raumfahrt“ bemüht sein, Zusammenfassungen der wichtigsten Referate zu veröffentlichen.

Nach der Mittagspause setzte Erich Bartl das Seminar mit der Behandlung praktischer Fragen der Photometrie fort. Zunächst wurden die „klassischen“ Strahlungsempfänger behandelt. Dabei wurden vor allem zur photographischen Platte eine Reihe Informationen gegeben. Besonders interessant waren die Ausführungen zu modernen Strahlungsempfängern. Waren für viele die Begriffe „Multiplifier“ oder „Sekundärelektronenvervielfacher“ vorher noch neu, so hatten sie jetzt einen guten Einblick in deren Aufbau und Wirkungsweise bekommen.

Der Abend wurde zu Demonstrationen an den Einrichtungen der Sternwarte Apolda genutzt. Am zweiten Tag wurde über die photographische Photometrie und über den photometrischen Anschluß, also über die Auswertung photometrischer Arbeiten, gesprochen. Besonders interessiert wurde dabei von den Teilnehmern das relativ einfache, selbstgebaute Irisblendenphotometer studiert.

Die Tagung klang aus mit einer angeregten Diskussion in kleinen Gruppen, zu denen sich die Teilnehmer zwanglos zusammengefunden hatten. Alle Bundesfreunde, die sich mit astronomischen Problemen befassen, wissen den Wert solcher Gespräche zu schätzen.

Den Apoldaer Freunden (insbesondere E. Bartl), die gute Gastgeber waren, sowie dem ZFA gilt der Dank aller Teilnehmer des Seminars.

KARL RADLER

10 Jahre astronomische AG „Bruno H. Bürgel“ Potsdam

Im Dezember 1973 konnte die Astronomische Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“ im Kulturbund Potsdam auf eine erfolgreiche zehnjährige Tätigkeit zurückblicken. Am Beginn der Arbeit stand damals weder ein Instrument noch eine Räumlichkeit zur Verfügung.

Dank der Unterstützung des Kulturhauses Babelsberg konnte im April 1965 ein Raum als astronomisches Kabinett sowie ein kleiner Vortragsraum zur Verfügung gestellt werden. Ein Refraktor 90/1500 ermöglichte in der Sternwarte der Bürgel-Schule den Beginn der astronomischen Beobachtungen, für die außerdem noch ein Arbeitsraum mit Anschauungsmitteln und Lichtbildern zur Vorbereitung und Ergänzung diente.

Das nur 300 m entfernte astronomische Kabinett im Kreiskulturhaus Babelsberg mit der umfangreichen Sammlung von Unterrichts- und Anschauungsmitteln bildete die Arbeits- und Heimstätte der AG.

Durch die Aktivität der jugendlichen Amateure wurde eine verlassene Sternwarte ausgebaut und mit einem Spiegelteleskop MENTSCAS 150/2250 ausgerüstet. Die seit dem Herbst 1967 einsatzfähige und seit 1969 fertiggestellte Jugendsternwarte „Wladimir Komarow“, Babelsberg, Hubertusdamm 8, dient vorwiegend der amateurastronomischen Betätigung und der Himmelsfotografie, in geringem Maße auch der Popularisierung.

Die Bemühungen der Abteilung Volksbildung, in Potsdam ein Planetarium zu errichten, konnten inzwischen erfolgreich abgeschlossen werden. Im Oktober 1968 wurde das Zeiss-Kleinplanetarium mit einer 8-m-Kuppel im Neuen Garten seiner Bestimmung übergeben. Für die gesamte Arbeit bedeutete dies eine Zersplitterung, so daß das astronomische Kabinett im Kreiskulturhaus aufgegeben und dem Planetarium angeschlossen wurde. Das Fehlen eines Vortragsraumes und einer Beobachtungsstation im Planetarium wirkte sich zunächst nachteilig aus und konnte weder in der AG-Arbeit noch in der außerunterrichtlichen Tätigkeit befriedigen.

Mit den von der Abteilung Volksbildung und dem Bezirkskabinett für außerunterrichtliche Tätigkeit zur Verfügung gestellten Mitteln konnten mehrere Instrumente angeschafft und die geeigneten Räume ausgebaut werden.

Abb. 1, rechts:
Schüler auf der Beobach-
tungsstation des Astrono-
mischen Zentrums in Pots-
dam.

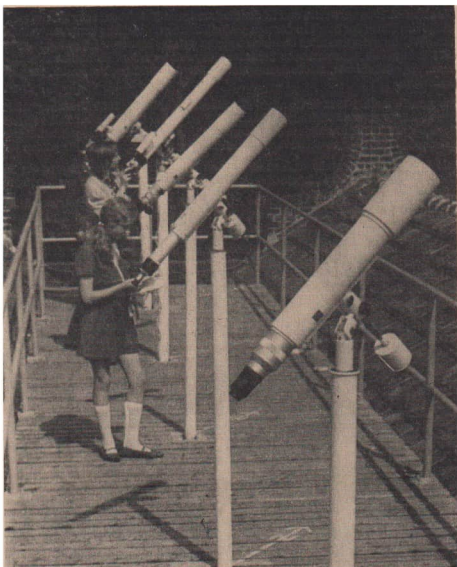


Abb. 2, unten:
Besucher der Beobach-
tungsstation des Astronomischen
Zentrums in Potsdam.



Die seit Juli 1968 verwaiste und in der Merkurstraße Babelsberg sehr abseits gelegene Bürgel-Gedenkstätte wurde auf Beschluß des Rates der Stadt in das neu geschaffene Astronomische Zentrum verlagert. Der Nachlaß Bürgels konnte damit unter Wahrung des musealen Charakters einem weitaus breiteren Interessentenkreis zugänglich gemacht werden. Am 2. Mai 1971 konnte das Astronomische Zentrum eingeweiht werden. Es besitzt folgende Einrichtungen: Planetarium, Vortragsraum, Arbeitskabinett, Beobachtungsstation für 5 Fernrohre, Fotoraum, Bürgel-Gedenkstätte, Garderobenraum, Bibliotheksraum.

Bis zum Dezember 1972 hatte allein das Planetarium über 42000 Besucher bei 1800 Vorführungen zu verzeichnen. Diese Arbeit wurde ehrenamtlich und nebenamtlich zu einem beachtlichen Teil von den Mitgliedern der AG geleistet. Erst mit Beginn des Jahres 1973 konnte eine hauptamtliche Kraft eingesetzt werden. Als Einrichtung der Volksbildung gehört das Astronomische Zentrum selbstverständlich nicht zur AG, kann von ihr jedoch jederzeit genutzt werden.

Seit Dezember 1973 steht einigen erfahrenen Mitgliedern der Fachgruppe ein Schmidt-Spiegelteleskop 500/1000 des Instituts für Sternphysik Potsdam-Babelsberg für Himmelsaufnahmen zur Verfügung (s. A. u. R. 6/73).

Nach 10 Jahren Tätigkeit verfügt die AG in Verbindung mit dem Astronomischen Zentrum über 16 Instrumente, etwa 80 Unterrichts- und Anschauungsmittel, 310 Buchtitel und 1500 Dias. Außerdem kann noch eine umfangreiche Sammlung von etwa 7000 Dias aus allen Gebieten der Astronomie und Raumfahrt genutzt werden.

Der Jugendarbeit wurde stets große Aufmerksamkeit gewidmet. Zur Zeit arbeiten 5 Schülerarbeitsgemeinschaften mit 55 Teilnehmern. 1973 wurden erstmals vier Astro-Discos mit 670 Teilnehmern veranstaltet. In 8 Ausstellungen wurde im Rahmen des Kulturbundes über die Arbeit der AG berichtet. Für den Ausbau der verschiedenen Einrichtungen (Astronom. Zentrum, Volks- und Schulsternwarte der Bürgel-Schule, Jugendsternwarte „W. Komarow“) wurden fast 4000 freiwillige Aufbaustunden geleistet.

Den wichtigsten Teil der Arbeit nahm bisher die Popularisierung der Astronomie unter der Bevölkerung und der Schuljugend ein. So konnten 548 populärwissenschaftliche Vorträge mit 13100 Besuchern veranstaltet werden. An den öffentlichen Beobachtungen auf den Sternwarten, auf Straßen und Plätzen sowie auf Campingplätzen beteiligten sich über 16000 Interessenten. Eine beispielhafte Aktivität entwickelten die jugendlichen Amateure Jürgen und Andreas Rendtel mit ihrem Fernrohr. Im Verlauf von 6 Jahren zählten sie bei ihren Beobachtungen im Rahmen der „Wohnbezirksastronomie“ über 10000 Besucher.

Die Astronomische Arbeitsgemeinschaft „Bruno H. Bürgel“ im Kulturbund Potsdam hat einen wesentlichen Beitrag zu einer niveau- und kulturvollen Freizeitbeschäftigung der Bevölkerung geleistet sowie dem Interesse an Astronomie und Raumfahrt Rechnung getragen.

ARNOLD ZENKERT

Aus dem Arbeitsplan 1974 des ZFA Astronomie

Fortführung der Arbeiten zur Unterstützung des Astronomieunterrichtes an den Polytechnischen Oberschulen durch unsere Mitglieder in den Fachgruppen bzw. bei Benutzung der Schulsternwarten für die Tätigkeit der Fachgruppen Astronomie des Kulturbundes.

Durchführung der Zentralen Tagung für Astronomie am 26./27.10.1974 unter Beteiligung einer Delegation polnischer Astronomen. Thema: Schulastronomie und Beobachter-Tätigkeit.

Kontakt-Aufnahme zur amateurastronomischen Tätigkeit in der Volksrepublik Polen bzw. zur Internationalen Union der Amateur-Astronomen.

Unterstützung der Bildung von Bezirksfachausschüssen in einigen Bezirken.

Aus der Literatur

Neuere Forschungsarbeiten mit dem 2-Meter-Universalspiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg

In der Reihe „Vorträge und Schriften“ der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow ist unter Nr. 44 der Vortrag „Aus der Welt der Galaxien“ von Prof. Dr. Richter anlässlich der 75-Jahrfeier der Archenhold-Sternwarte erschienen.

Der Autor geht davon aus, daß im wissenschaftlichen Wettbewerb erfolgreich mitarbeiten kann, wer mächtige instrumentelle Hilfsmittel einzusetzen vermag, oder über einen Stab geschulter und hervorragender Theoretiker verfügt. Die Astronomie der DDR hat mit dem 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop ein Instrument, das auf Grund seiner technischen und besonders seiner optischen Eigenschaften im Schmidt-System bevorzugt für die Erforschung extragalaktischer Systeme einge-

setzt wird. Die mit diesem Instrument realisierbaren photographischen Reichweiten sind in den verschiedenen Farbreichen:

U: 20^m5 V: 20^m5 I: 18^m5 B: 22^m0 R: 20^m5

Prof. Dr. Richter berichtet in seinem Vortrag vor allem über die Nutzung des photographischen Schmidtsystems bei der extragalaktischen Forschung.

Ein wichtiges Forschungsergebnis am Andromeda-Nebel (M 31) und seinen beiden Begleitern (M 32 und NGC 205) ist die Feststellung, daß die äußerste photometrische Begrenzung des Andromeda-Nebels größer ist als bisher angenommen wurde und den Begleiter M 32 völlig einschließt. Die Untersuchung heißer, junger O- und B-Sterne ergab, daß noch im Abstand von maximal 57 kpc vom Kern Objekte existieren, die eindeutig zum Andromeda-Nebel gehören. Über die Anwendung der Äquidensitometrie konnte dieses, für M 31 gefundene Ergebnis auch an einer Reihe anderer Sternsysteme bestätigt werden. Ein Vergleich der Systemdurchmesser, wie sie in Tautenburg gefunden wurden, mit früher bekannten ergab, daß die große und die kleine Halbachse der untersuchten Sternsysteme etwa um den Faktor 2,2 größer angenommen werden müssen, als man bisher aus rein photographischen Untersuchungen gefunden hatte.

Ein anderes umfangreiches Forschungsprogramm, über das Prof. Dr. Richter berichtet, ist der Tautenburger „Felderplan zur astrophysikalischen Statistik galaktischer und extragalaktischer Objekte“. Die Felder wurden unter bestimmten astrophysikalischen Voraussetzungen ausgewählt. Sie überdecken etwa 300 Quadratgrad am Himmel. Im Rahmen dieser Untersuchungen liegen bisher etwa 3000 Aufnahmen vor. Als Hauptziel des Felderplanes nennt Prof. Richter die „Auslotung des Kosmos“.

Innerhalb eines Gebietes von 36 Quadratgrad in der Nähe des galaktischen Poles wurden besonders die „blauen“ Objekte untersucht. Dabei wurden 350 „quasarverdächtige“ Objekte gefunden.

Eine andere umfangreiche astrophysikalisch-statistische Arbeit beschäftigt sich mit den „sphärisch-konzentrischen“ Galaxien (Kompaktgalaxien). Diese Objekte lassen sich auf Tautenburger Schmidtaufnahmen bis zur 18,5. Größenklasse nachweisen, während sie mit dem Big Schmidt nur bis zur 17. Größenklasse zu erkennen sind. In einem Testfeld am Pol konnten 750 Kompaktgalaxien gefunden werden. Es zeigte sich bei diesen Untersuchungen, daß diese Objekte keinesfalls eine Ausnahmerecheinung sind, sondern 25 % der Mitglieder großer Galaxienhaufen darstellen. Interessant ist auch der Befund, daß die sphärisch-konzentrischen Galaxien relativ schnell Helligkeitsänderungen haben können.

Ein weiteres Problem, das mit dem Tautenburger Instrument bearbeitet wurde, ist die optische Identifizierung von Radioquellen.

Ferner berichtet Prof. Dr. Richter über Arbeiten, die der Erforschung unseres Milchstraßensystems gewidmet sind. Hier handelt es sich besonders um die Untersuchung des galaktischen Halos, das die diskusähnliche Scheibe des Milchstraßensystems umgibt.

Viele der genannten Probleme wurden gemeinsam mit Mitarbeitern anderer Institutionen des Zentrallnstituts für Astrophysik bearbeitet, einige auch mit Partnerinstitutionen in der Sowjetunion.

Es wird empfohlen, den Beitrag Prof. Dr. Richters (Veröffentlichung Nr. 44 der Archenholdt-Sternwarte) zu erwerben.

Sm.

Herkulis X 1 = HZ Herkulis

1971 wurde die pulsierende Röntgenquelle Herkulis X 1 entdeckt. Die Entdeckung gelang mit Instrumenten des Satelliten UHURU. Nachdem die Position der Röntgenquelle exakt bekannt war, gelang die Identifizierung mit dem Variablen HZ Herkulis, einem Stern der 13. Größe. Der Spektraltyp des Sternes variiert zwischen B 3 im Maximum und A 7 im Minimum. Die Strahlung des Sternes zeigt einen abnorm hohen Betrag an UV-Strahlung.

Die meiste der abgegebenen Röntgenenergie von Herkulis X 1 erscheint alle 1,24 Sekunden in kurzen Impulsen. Alle 1,7 Tage bleiben diese Pulse jedoch für 5 Stunden aus. Die 1,7-Tage-Periode ist auch für das blaue Licht von HZ Herkulis beobachtet worden. Manchmal emittiert der Stern auch im optischen Bereich alle 1,24 Sekunden Impulse. Eine weitere Beobachtungstatsache ist, daß das obige Verhalten jeweils 9 Tage andauert und dann für 27 Tage verschwindet.

Das Verschwinden der Impulse für 5 Stunden nach 1,7 Tagen kann man durch das Abdecken der Röntgenquelle durch einen umlaufenden Begleiter erklären. Schwieriger ist es, die 36-Tage-Periode zu deuten.

HZ Herkulis könnte ein Doppelsternpaar mit sehr unterschiedlichen Komponenten sein. Es handelt sich einmal um einen Überriesen von 2 Sonnenmassen, der seine Roche'sche Grenze ausfüllt. Der Begleiter ist ein kleiner Neutronenstern von 1 Sonnenmasse. Vom Überriesen strömt dann Masse zum Neutronenstern und fällt bei diesem am magnetischen Pol ein. Dabei wird die Röntgenstrahlung erzeugt. Die Periode von 1,24 Sekunden entspricht der Umdrehungszeit des Neutronensterns. Wenn man annimmt, daß die Rotationsachse des Neutronensterns systematisch im Raum schwankt, kann man durch die Schwankung die 36-Tage-Periode deuten. Die Erde kommt durch die Schwankung der Rotationsachse nur für 9 Tage in den Bereich des Röntgenstrahlungsstromes und liegt dann 27 Tage außerhalb der Richtung, in die die Röntgenstrahlung abgestrahlt wird.

Sm.

Jupitermondschatten

Auf eine sonderbare, aber nicht ganz unbekannte Erscheinung macht R. Sopper (Hermannstein/BRD) aufmerksam: bei Jupiterbeobachtungen bemerkte Sopper das doppelte Auftreten von Mondschaten auf der Jupiterscheibe. Unter Hinweis auf ähnliche Feststellungen anderer Beobachter wird die Aufmerksamkeit gegenüber solchen und ähnlichen „Ausnahmerecheinungen“ Jupiterbeobachtern empfohlen.

Gegenwärtig sind derartige Wahrnehmungen noch stark umstritten und in ihrer Interpretation mehrdeutig. In diesem Zusammenhang taucht die Frage auf, ob das Phänomen evtl. mit der Schattenbildung an zwei übereinanderliegenden Wolkenschichten erklärbar sei. Es wird daran erinnert, daß bereits Ph. Fauth 1940 eine Aufstellung über ähnliche und weitere abnorme Erscheinungen veröffentlichte, die sich auf Merkwürdigkeiten hinsichtlich der Jupitermonde und ihrer Schatten beziehen.

K. F.

Nach: Sterne und Weltraum, 12 (1973), H. 1, S. 20f.

Frühphase der Astrophysik

Wiederum statistisches Material zieht D. B. Herrmann (Berlin) zu astronomiegeschichtlichen Untersuchungen heran (vgl. auch A. u. R. 11 (1973), H. 4, S. 123). Das Material, gewonnen durch Zählungen astrophysikalischer Beiträge (nach Stichwörtern) in Publikationen und Fachzeitschriften bzw. deren Register, spiegelt die „Frühentwicklung der Astrophysik in Deutschland und in den USA“ qualitativ wider.

Danach vollzog sich die Frühentwicklung dieser Disziplin in zwei „deutlich voneinander unterscheidbaren Etappen“, deren erste (Datierung von etwa 1860–1877) durch die Entwicklung astrophysikalischer Grundlagen bestimmt ist. Die zweite Etappe (von etwa 1878–1900) kennzeichnet den umfassenden praktischen Einsatz entwickelter Verfahren und deren Vervollkommnung.

Während die ersten Pionierleistungen zur Astrophysik von Forschern auf deutschem Boden ausgingen, vollzog sich in der zweiten Etappe ein „Führungswechsel zwischen Deutschland und den USA“ auf dem Gebiet der Astrophysik zugunsten amerikanischer Intensitäten. Das wird in Zusammenhang mit der relativ spät entwickelten und von Traditionen freien amerikanischen Astronomie gebracht. Dagegen bedeutete das Festhalten an der Tradition Bessels für die Entwicklung der Astrophysik in Deutschland eine Art Hemmschuh, der erst mit der Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam überwunden wurde.

Bemerkenswert zur Frühphase der Astrophysik ist ferner, daß ihre Pioniere nahezu vollständig nicht mit der Tradition zur Positionsastronomie belastet waren. Herrmann untersucht das an sechs namhaften Forschern und weist darauf hin, daß ihr „Durchschnittsalter ... zum Zeitpunkt der Begründung der Spektralanalyse 30 Jahre“ betrug.

K. F.

Nach: NTM (Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin), 10 (1973), H. 1, S. 38–44.

Projekt CYCLOPS

Neue Studien zur Aufnahme von Nachrichtenkontakten mit fremden Zivilisationen werden in den USA vorbereitet. Nach Ansicht der Wissenschaftler ist es wahrscheinlich, daß es innerhalb des heute funktentechnisch überbrückbaren Teils des Universums seit 4 bis 5 Milliarden Jahren zivilisierte Lebewesen gegeben hat bzw. gibt, die möglicherweise ebenfalls Versuche unternommen haben, Funkkontakte zu anderen Zivilisationen aufzunehmen.

Mit Hilfe neuer Gerätesysteme soll im Rahmen des Projektes CYCLOPS versucht werden, derartige Signale zu registrieren. Zu diesem Zweck werden auf einem etwa 20 Quadratkilometer großem Terrain etwa 1000 bewegliche Radioantennen aufgebaut, deren Signale zentrale Rechner auswerten. Es wird erwartet, daß damit prinzipiell Signale nachweisbar sind, die mit 1 Gigawatt Sendeleistung in Entfernungen bis zu 1000 Lichtjahren ausgestrahlt worden sein könnten.

h—n

Lit.: ETZ-B, 25 (1973), H. 5, S. 114.

Experimentalsatellit für westeuropäisches Fernmeldesatellitensystem

Vor der Verwirklichung des geplanten westeuropäischen Fernmeldesatellitensystems, für das drei Systemstudien von Firmenkonsortien vorliegen, zwischen denen noch keine Entscheidung gefällt ist, wird für etwa 1976 der Start eines Experimentalsatelliten vorgesehen. Die Empfehlung hierzu gab die 5. Tagung der Arbeitsgruppe N („Eurovisions-Satellitensystem“) der UER. Obwohl für die Realisierung prinzipiell die Objekte SYMPHONIE B und SIRIO B geeignet wären, wird die optimale Variante in der Entwicklung eines speziellen Experimentalsatelliten OTS (Orbital Test Satellite) gesehen, der dem endgültigen Konzept möglichst weitgehend entsprechen soll. Die Masse soll 350 ... 400 kg betragen, die Lebensdauer etwa 3 Jahre. Der „Aufwärtsfunkverkehr“ erfolgt im Frequenzbereich 14,0 ... 14,3 GHz, die Abstrahlung der breitbandigen Signale im Bereich 11,45 ... 11,7 GHz. Für den Start in den USA ist eine THOR-DELTA-Rakete vorgesehen.

h—n

Lit.: Rundfunktechn. Mittelln., 17 (1973), H. 1, S. 36–37.

Englischer Testsatellit

Der erste englische Synchrosatellit wird im Auftrag der Regierung von HAWKER SIDDELY DYNAMICS LTD. und MARCONI SPACE AND DEFENSE SYSTEMS LTD. gebaut. Es handelt sich um einen etwa 400 kg schweren Flugkörper, der Ende 1976 gestartet werden und vorrangig Nachrichtenübertragungsversuchen dienen soll. Sein Programm umfaßt Fernsehübertragungen, darunter solche im 12 GHz-Bereich, Nachrichtenübertragungen im Dezimeterwellenbereich für die Seefahrt und PCM-Datenübertragungen. Die Abstrahlung der Signale soll so erfolgen, daß das gesamte Territorium Großbritanniens erfaßt wird.

h—n

Lit.: NTZ, 26 (1972), H. 12, S. K 256.

Buchbesprechung

Grundzüge der Astronomie

Es ist erfreulich, daß ein Verlag unserer Republik gerade einen solchen Titel in seine Produktion aufgenommen hat, der eine Lücke in unserem Angebot astronomischer Literatur schließen könnte. Eine „Einführung“ in die Astronomie zu geben, den Gegenstand dieser Wissenschaft dem Laien zu verdeutlichen und die in dem Wissenschaftszweig angewendeten Forschungsmethoden verständlich zu machen, ist eine dankbare, aber auch schwierige Aufgabe. Um es vorweg zu nehmen: Der Rezensent hat nach der Lektüre des Buches den Eindruck gewonnen, daß der Autor sein im Vorwort gestelltes Ziel nicht voll erreicht, das Buch, möchte zum Erwerb eines modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes beitragen“. Daran ändert auch nichts, daß im Vorwort schon auf Einschränkungen hingewiesen wird, neuere astronomische Probleme hätten nicht berücksichtigt werden können. Das Argument für diese Enthaltensamkeit (die einfachen mathematischen Mittel reichen zur Darstellung nicht aus) ist nur ein Scheinargument und gilt für den Fall, daß man mit der Voreingenommenheit an die Aufgabe geht, nur wer die entsprechende mathematische Ausbildung bereits besitzt, könne die Probleme und Ergebnisse der modernen Forschung begreifen. Dieser Voreingenommenheit stehen in der wissenschaftlichen Literatur genügend Beispiele entgegen, in denen sehr spezielle Probleme sehr anschaulich – sowohl verbal als auch graphisch – einem breiten Leserkreis zugänglich gemacht sind.

So kann also die gute Absicht, die „Grundzüge“ mathematisch und physikalisch darzulegen, auch scheitern, weil man den Lesern die weltanschaulich wichtigen Ergebnisse der Wissenschaft unserer Tage vorenthält. Und dann bleibt noch immer die Frage offen, ob die „naturwissenschaftlich interessierten Laien und Schüler“, an die sich das Buch ja wendet, dem hohen mathematischen Verallgemeinerungsgrad auch gewachsen sind? Rezensent bezweifelt das zumindest für die Schüler der 8. bis 10. Klassen, die wegen des Interesses an dem kommenden Unterrichtsfach Astronomie nach diesem Titel greifen könnten.

Offenbar stand der Autor unter dem Eindruck von O. STRUVES „Elementary Astronomy“ (Oxford University Press), in dem viele Probleme ebenfalls mathematisch (allerdings vom rechnerischen Beispiel ausgehend) geklärt werden. Was dort gelungen, ist hier übertrieben, denn der Laie hat sich zunächst in den „Grundzügen“ durch ein Übermaß von Gleichungen durchzukämpfen, zu denen er vorerst keinerlei Beziehungen hat und die richtig zu handhaben er auch nicht angeleitet wird. Träfe dies wenigstens zu, könnte man mit dem unverhältnismäßigen Umfang von 117 Seiten für das „Planetensystem“ und die „Grundlagen“ (bei insgesamt 188 Seiten) noch einverstanden sein. Dabei sind bei den physikalischen Grundlagen die Gesetze der Optik und besonders die astronomischen Instrumente zu wenig berücksichtigt. (Sollte es nur ein Druckfehler sein, daß das größte Instrument nicht mit einem Durchmesser von 6 m angegeben wird?)

Eigenartig berührt es, daß die Sonnenphysik so ganz nebenbei zur Sprache kommt. Ein selbständiger Abschnitt ist diesem Prototyp der Sterne nicht gewidmet. Daß bei dem knappen Raum, der der Stellastronomie verblieb, viele Probleme und moderne Methoden der Astronomie nur gestreift werden konnten, kann nicht verwundern. Trotzdem wünschte sich der Leser, daß er im Text mehr Bezüge zu den ausgezeichneten Aufnahmen des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg fände, die sich doch direkt anboten.

So erfreulich neue Ideen bei der graphischen Darstellung (z. B. zum Dopplereffekt oder zur Rotation des Saturnrings) sind, wäre eine Einheitlichkeit in der Darstellung des Richtungssinnes für die Bewegungen unbedingt notwendig (vgl. z. B. die Abb. 49 und 50, Seiten 78 und 79).

Die Behauptung, „denn Körper, die nicht rotieren, müssen Kugelgestalt besitzen“ (S. 99) dürfte in diesem Verallgemeinerungsgrad wohl zu gewagt sein. Ebenso wird mit dem Begriff „Materie“ an vielen Stellen des Buches sehr leichtfertig umgegangen. Auf S. 97 findet man eines der offensichtlichsten Beispiele dafür.

Was auf den Seiten 102/103 über „Planetatmosphären“ zu lesen ist, repräsentiert ebenso wenig den neuesten Stand unserer Kenntnisse wie die auf S. 104 folgende Tabelle „Zusammenstellung wichtiger Daten der Planeten“.

Endlich muß gefragt werden, ob es für den angesprochenen Leserkreis wirklich unzumutbar gewesen wäre, über die großartigen Erfolge und Methoden der Radioastronomie ein eigenes Kapitel nachzulesen? Ist dieser Zweig der Astronomie wirklich eine solche Nebensächlichkeit bei der Darstellung des „modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes“?

Zieht man nach der Lektüre des Buches das Fazit, stellt man fest, daß es zwar keineswegs unbrauchbar ist (Astronomielehrer, Studenten, fortgeschrittene Amateurastronomen können es vielleicht mit Gewinn lesen), für den vom Autor ausersuchten Leserkreis aber dürfte es an vielen Stellen „versiegelt“ bleiben bzw. nur einige Seiten der Astronomie verdeutlichen.

HEINZ ALBERT

B. MÜLLER: Grundzüge der Astronomie. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1973 (Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek, Reihe Physik, Band 18), 188 Seiten, 117 Abb., 8,90 M.

Verglühendes Objekt beobachtet

Der sowjetische Raketenkörper Molnija-2 (6) (internationale Bezeichnung No. 73-45 B) kehrte am 22. 8. 1973 in die Erdatmosphäre zurück. Die Rückkehr ereignete sich nahe Sioux City im Bundesstaat Iowa in den USA und wurde weithin beobachtet. Das Objekt bewegte sich etwa eine Minute mit einer Helligkeit von -6^m bis -7^m über den Himmel. Es hatte einen gelbweißen Kopf und einen 10° bis 20° langen gelborangeroten Schweif. Kleine Stücke mit eigenem kleinem Schweif brachen ununterbrochen von dem Hauptstück ab.

CLASSEN

Mondbodenproben in der DDR untersucht

Erste Ergebnisse bei der Untersuchung einer Mondbodenprobe legte ein Wissenschaftlerkollektiv aus verschiedenen Instituten der DDR vor. Die Probe, von der sowjetischen automatischen Station Luna 16 zur Erde geholt, war am 1. Juni 1972 von der Sowjetunion an die DDR übergeben worden.

In der analysierten Probe, die aus dem Meer der Fruchtbarkeit stammt, konnten u. a. ein Lithium-Aluminium-Silikat (Spodumen), Kalzium-Natrium-Feldspate (Anorthit/Bytownit) sowie Kalziumfeldspat nachgewiesen werden. Diese Minerale sind auch in anderen Mondbodenproben am häufigsten vertreten. Die geochemischen Untersuchungen ergaben, daß der Makrochemismus lunarer Basalte und Feldspate mit analogen irdischen Gesteinen grob übereinstimmt. Allerdings schwankt die chemische Zusammensetzung der Basalte auf der Erde stärker als auf dem Mond. Irdische Basalte sind zum Teil aluminiumreicher als lunare. Wissenschaftler nehmen derzeit an, daß die zahlreich vorhandenen Glaskörper als Folge von Meteoriteneinschlägen entstanden sind. Daraus ließe sich ableiten, daß der Mondboden mit meteoritischem Material stark angereichert ist. Bei Meteoriteneinschlägen werden silikatische Substanzen geschmolzen, aufgeschleudert und unter den Bedingungen des auf dem Mond herrschenden Vakuums zu Kugeln geformt.

Die Forschungen werden im Rahmen des „Interkosmos“-Programms ausgeführt. Sie vollkommen nicht nur unsere Kenntnisse über den Mond, sondern geben auch Auskunft über die Entstehungsgeschichte der Erde. Deshalb sind die Übergabe des Mondbodenmaterials sowie die ständigen Kontakte mit sowjetischen Forschern für die Weiterentwicklung der Geowissenschaften in der DDR außerordentlich bedeutend.

Die Universitäts- und Akademieinstitute der DDR konzentrierten sich entsprechend ihrer Möglichkeiten auf gesteinsphysikalische Untersuchungen. So wurden z. B. Bruchflächenanalysen vorgenommen. Derartige Arbeiten sind kompliziert, weil die zu untersuchenden Teilchen nur geringe Durchmesser aufweisen. Die Strukturen der auf dem Mond gebildeten Bruchflächen – so ergaben Analysen – entsprechen völlig denen irdischer Materialien. Das berechtigt zu der Annahme, daß fehlendes freies Wasser und die geringe Schwerkraft wahrscheinlich keinen Einfluß auf den Bruchvorgang haben. Bei Mikrobrüchen herrschen solche Endformen vor, die auf eine hochintensive bzw. explosive Bruchbildung schließen lassen. Jeder Mikroriß und jede Kluftbildung können somit als Beben kleinsten Ausmaßes gedeutet werden.

„Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse am Mondmaterial zeigen, daß es mit den in der DDR verfügbaren Geräten und Kenntnissen möglich ist, auch auf dem Gebiet der Kosmosforschung originelle wissenschaftliche Beiträge zu liefern“, erklärte das Korrespondierende Akademiemitglied Prof. Dr. Heinz Stiller, Leiter des Forschungsbereiches Kosmische Physik. Die Untersuchungen am Luna 16-Material werden weitergeführt. In ähnlicher Weise wird jener Teil der Mondbodenprobe erforscht, der – von der automatischen Station Luna 20 zur Erde gebracht – am 11. Mai 1973 der DDR übergeben wurde. An den Arbeiten sind Zentralinstitute und Institute der Akademie der Wissenschaften, der Karl-Marx-Universität Leipzig, der Bergakademie Freiberg und der Humboldt-Universität Berlin beteiligt.

Nach ND vom 11. 8. 73

Pioneer 10 stellte Jupiter-Magnetosphäre fest

Der Planet Jupiter besitzt eine Magnetosphäre. Das ergaben Messungen, welche die amerikanische Sonde Pioneer 10 während ihres Vorbeifluges an dem Riesenplaneten zur Erde funkte. Der Jupiter ist damit neben der Erde nach gegenwärtigen Kenntnissen der einzige Planet des Sonnensystems, der von einer Magnethülle umgeben ist. Die Sonde registrierte eine „Bugstoßwelle“, vergleichbar einer Stoßwelle, wie sie entsteht, wenn ein Flugzeug die Schallgeschwindigkeit erreicht und die sogenannte Schallmauer durchstößt. Bei der Bugwelle in der Magnetosphäre handelt es sich um geladene Teilchen des Sonnenwindes, die plötzlich, infolge des „Anpralls“ des Raumflugkörpers, zusammengepreßt werden. Die um den Planeten liegende Grenzschicht, die von den Sonnenwindteilchen nicht durchstoßen werden kann, lag nach vorläufigen Auswertungen im Abstand von 96 Jupiterradien. Die Stoßwelle der irdischen Magnetosphäre entsteht in einem Abstand von 15, die abschirmende Grenzschicht bei elf Erdradien. Die Jupiteratmosphäre scheint jedoch den Planeten nicht so wirkungsvoll vor dem Sonnenwind abzuschirmen, wie das bei der Erde der Fall ist. Hinter der Grenzschicht wurden nämlich mehr Plasmatteilchen gemessen, als es theoretisch hätte der Fall sein dürfen. Fachleute vermuten daher „Löcher“ in der Magnethülle des Jupiter. Es sei aber auch möglich, daß ein Teil des festgestellten Gases vom Jupiter selbst stamme. Die Fachleute kommen zu dem Schluß, daß der Sonnenwind selbst noch in der Entfernung der Bahn des Jupiter wirkte, der Strom der Teilchen allerdings gleichmäßiger fließe und weniger turbulent sei als in Erdnähe. Alle Daten auszuwerten, dauere noch Jahre. Inzwischen entfernte sich die Sonde immer weiter von der Erde. Ihre vier Atombatterien liefern dem Sender jedoch noch genügend Energie, daß seine Signale bis zum Jahre 1979 gehört werden können.

Nach ND vom 5. 1. 74

EVP 1,50 M
PZV 31052

bez.

3¹⁹⁷⁴ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Leuchtende Nachtwolken · Prof. Dr. J. Hoppe	65
Zur Reichweitensteigerung photographischer Aufnahmen und zur Empfindlichkeitserhöhung von Aufnahmematerialien · Dietmar Uhlig	70
Eine elektronische Nachführung für astronomische Fernrohre und Kameras · H. Busch/H. Hermsdorf	79

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Leuchtende Nachtwolken“, Aufnahmen Mond und Saturn der Sternwarte Crimmitschau, Observatorium Schemenka	I–IV
---	------

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung des detonierenden Boliden vom 4. 10. 1973 und Auswertung · Jörg Mosch	83
Helle Meteorescheinung am 20. März 1974 · Rene Bräunig	89

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR

10 Jahre Kosmonautenzentrum Karl-Marx-Stadt	90
---	----

Aus der Literatur

Erste Ergebnisse von Orion 2 · Prof. G. Gursadjan	92
Neue Objekte im Andromedanebel – Neue Supernova entdeckt – Gedanken zur weiteren Erforschung der Venus	94
100 blaue Galaxien entdeckt – Ergebnis der Untersuchung von Mondgesteinsproben durch sowjetische Geophysiker – Intelsat V	96

Buchbesprechungen

Astronomie selbst erlebt – Salut na Orbite	3. Umschlagseite
Raumfahrt in Stichworten – dtv-Atlas zur Astronomie	4. Umschlagseite

Redaktionsschluß 21. 3. 1974

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pflaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 42297 44/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.
Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 mit 6 Heften. Bezugspreis einschließlich Zustelgebühren 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.

1. Einleitende Bemerkungen

Die Erforschung der irdischen Hochatmosphäre wird nach den typischen Erscheinungen, die in ihren einzelnen Schichten auftreten, durch verschiedene Methoden betrieben; z. B. durch die Polarlicht- und Meteorforschung, mittels Radiosonden, neuerdings vor allem durch Höhenraketen und Meßsatelliten. Diese Untersuchungen werden nicht nur durchgeführt, um Aufbau und Vorgänge in jenen Schichten kennenzulernen, sondern weil die Hochatmosphäre als Verbindungsglied zum interplanetaren Raum die Wechselbeziehungen zwischen diesen beiden Bereichen und somit den kosmischen Einfluß auf die irdische Sphäre deutlich werden läßt.

Die Einwirkungen von außerhalb werden erkennbar und verständlich, wenn die physikalischen Verhältnisse in der Hochatmosphäre bekannt sind. So können Erscheinungen im Bereiche der oberen Schichten der Erdatmosphäre zu Indikatoren für interplanetare Vorgänge werden. Dies trifft auch für die Leuchtenden Nachtwolken (LNW) zu, die im Bereich der Mesopause auftreten und nach der heutigen Vorstellung normale meteorologische Erscheinungen dieser Schicht der irdischen Hochatmosphäre sind. Ihre Ähnlichkeit mit den Feder- und Schleierwolken (Cirrus und Cirrostratus) der Troposphäre ist also nicht zufälliger Art, sondern bedingt durch die Natur des gleichen physikalischen Vorganges, wenn auch nicht alle lichtstreuenden Partikel der LNW als Eiskeime zur Sublimation des Wasserdampfes geeignet scheinen.

Nach allem, was wir heute wissen, handelt es sich um Aerosolwolken, wesentlich kosmischen Ursprungs, deren Teilchen bei Erreichen bzw. Unterschreiten des Sättigungspunktes nach Maßgabe des vorhandenen Wasserdampfes vereisen. Dabei liefert der Kosmische Staub allein nur lichtschwache Erscheinungen, wogegen durch Einsetzen der Vereisung die Leuchtdichte der Wolken um eine bis zwei Zehnerpotenzen ansteigen kann.

Das Ungewöhnliche an den Leuchtenden Nachtwolken ist,

daß sie in einem Höhenbereich vorkommen, in dem man praktisch keinen Wasserdampf mehr erwartet, weil die eindringende UV-Strahlung der Sonne wenig oberhalb dieser Höhen durch Dissoziation das H_2O -Molekül in seine atomaren Bestandteile zerlegt;

daß sie nur zu einer bestimmten Jahres- und Tageszeit sichtbar sein können und

daß sie nur in bestimmten nördlichen und südlichen geographischen Zonen der Erde auftreten.

Diese Merkwürdigkeiten haben zu manchen Fehldeutungen bei der Einordnung der LNW geführt,

2. Zur Entdeckung der Leuchtenden Nachtwolken

Der erste Hinweis auf die Leuchtenden Nachtwolken wurde von E. MAIGNON im Jahre 1648 in der Publikation „Perspectiva horaria“ gegeben. Auch aus späteren Jahren liegen Beobachtungen dieser Erscheinungen vor. So aus dem Jahre 1781 von ROSE, der die leuchtenden Wolken mit phosphoreszierenden Streifen verglich. Zwei Jahre später sah ARAGO in Italien und der Schweiz ebenfalls Leuchtende Nachtwolken, die er anscheinend in Zusammenhang mit dem Ausbruch des Vulkans Asam (Japan) brachte. Hinzu kamen noch eine Reihe anderer Beobachtungen, deren Beschreibung eindeutig den Charakter Leuchtender Nachtwolken erkennen ließ. Doch es blieb zunächst bei Gelegenheitsbeobachtungen, und es fehlte seitens der Wissenschaftler jeder Versuch, das Phänomen in die damaligen Vorstellungen vom Aufbau der Erdatmosphäre einzuordnen.

Bei der Explosion des Vulkans Krakatau im Jahre 1883 wurden etwa zwei Drittel der gleichnamigen Insel, also viele Millionen Tonnen Gestein und Wasser emporgeschleudert. Kleinste Staubeilchen und Wassertröpfchen wurden bis in die unterste Schicht der Stratosphäre emporgerissen. Ungewöhnliche Dämmerungserscheinungen waren die Folge dieser starken Trübung vor allem der Troposphäre. Die dadurch veranlaßte erhöhte Beachtung des Dämmerungshimmels seitens der Meteorologen führte dann zur Wiederentdeckung der Leuchtenden Nachtwolken durch BACKHOUSE am 8. Juni 1885. Vier Tage später sah sie auch ZERASKI, der sie in der Folgezeit systematisch zu beobachten begann. Nun setzte auch anderenorts eine regelmäßige Überwachung dieser Erscheinungen ein, die unabhängig voneinander durch LASKA, JESSE, BELOPOLSKI, HARTWIG u. a. betrieben wurde.

Die ersten photographischen Aufnahmen von Leuchtenden Nachtwolken erhielt JESSE im Juni 1887. Er leitete auf Grund seiner Beobachtungen eine Höhe von 75 km ab. Das war ein für die damalige Zeit völlig überraschendes Ergebnis, da man die obere Grenze der Erdatmosphäre in etwa 50 km Höhe ansetzte. Nach unserer heutigen Erkenntnis liegen 99,9 % der gesamten Masse der Luft unterhalb von 50 km; in der Höhe der Leuchtenden Nachtwolken sind es etwa 99,999 %. Daß im Bereiche so geringer Luftspuren sich noch wettermäßige Vorgänge wie Wolkenbildungen abspielen können, erscheint in der Tat überraschend.

Die vermutete Beziehung zwischen Leuchtenden Nachtwolken und Vulkanausbrüchen geht offenbar auf ARAGO zurück. An sich ist es schwer verständlich, wie irdische Staubpartikel bis in den Höhenbereich von 75 bis 90 km gelangen sollen. Es müßte zumindest zuerst die Sommer wie Winter vorhandene Sperrschicht von 25 bis 50 km Höhe durchstoßen werden, bevor die Partikel in eine Schichtung kommen, in der möglicherweise die Thermik weiterhelfen könnte. Entscheidend ist aber wohl, daß man zur Erklärung des Entstehens der Leuchtenden Nachtwolken nicht auf irdischen Staub angewiesen ist, da gerade im Höhenbereich um 80 km genügend kosmischer Staub zur Verfügung steht.

3. Zur Statistik und Phänomenologie

Die gegenwärtigen Vorstellungen über das Auftreten und die Sichtbarkeitsbedingungen der Leuchtenden Nachtwolken finden sich in der Monographie „Silberwolken“ von BRONSCHTEN und GRISCHIN [1]. So ergibt sich die Höhenstaffelung der LNW (Abb. 1), wobei zum Vergleich darauf hingewiesen sei, daß die höchsten Wolken der Troposphäre je nach Landstrich zwischen 8 und 16 km liegen. Die Messung der Höhen erfolgt durch photographischen Doppelanschnitt, bei STRÖMER auch mittels Dreipunktmessungen. Neuerdings werden auch optische RADAR-Messungen mit Hilfe von LASERN ausgeführt. Im Ergebnis zeigt sich, daß 98 % aller Wolken im Höhenbereich zwischen 75 und 90 km liegen.

Die jahreszeitliche Verteilung der Erscheinungen aus Beobachtungen abgeleitet, die auf der Nordhalbkugel der Erde gewonnen wurden, zeigt Abb. 2. Danach sind während der Monate Juni bis August rund 83 % der LNW des Jahresdurchschnitts zu erwarten. Diese Kenntnis ist wichtig für die Anlage vor allem aufwendiger Beobachtungen. Von kaum geringerer Bedeutung ist aber auch die beobachtete Sicherung der beiden jahreszeitlichen Flügel der Gesamtkurve, nämlich für die Nordhalbkugel die Häufigkeit in den Monaten März bis Mai, sowie im September und Oktober. Das Maximum im Juli deutet auf meteorologische Ursachen hin, ausgelöst durch den Vorübergang der Sonne am Sommersolstitium.

Eine Beziehung zum Großwettergeschehen verrät auch die geographische Breitenverteilung der Leuchtenden Nachtwolken, die in Abb. 3 dargestellt ist. Es handelt sich offensichtlich um den Bereich lebhafter Wechselwirkung zwischen den polaren und den subtropischen Luftmassen der Mesosphäre, deren Auswirkung in der Mesopause die Voraussetzungen für die Ausbildung von LNW schaffen. Inwieweit die südliche bzw. auch die nördliche Begrenzung dieser Zone durch die Umstände der Beobachtungsmöglichkeiten bewirkt werden, ist noch nicht völlig geklärt.

Hierbei spielt vor allem die Abhängigkeit der Sichtbarkeitsbedingungen vom Stand der Sonne eine entscheidende Rolle, die durch die Beziehung $-16^\circ < h_\odot < -6^\circ$ gegeben ist. Sie besagt, daß die Sonne mindestens 6° unterhalb des Horizontes am Beobachtungsort sein muß, damit die Leuchtdichte des horizontnahen Dämmerungshimmels so weit abgesunken ist, daß der Kontrast zwischen LNW und Himmel die Wahrnehmung gestattet. Die Grenze von -16° ergibt sich daraus, daß bei dieser Stellung der Sonne die Beleuchtung der 82 km hoch befindlichen Wolken durch die wirksamen Sonnenstrahlen gerade noch dicht über dem Horizont des Beobachtungsstandortes gesehen werden kann. Dabei hat das Sichtfeld, in dem am Dämmerungshorizont Leuchtende Nachtwolken überhaupt nur beobachtet werden können, eine maximale Höhe von etwa 20° . LNW, die in diesem zonalen Bereich sichtbar werden, haben vom Beobachter eine Entfernung zwischen 200 und 900 km. Aus diesen Tatsachen folgt indirekt, daß die LNW kein Eigenleuchten besitzen, sondern das Sonnenlicht reflektieren. Direkt hatte dies schon im Jahre 1889 HELMHOLTZ nachgewiesen, der im Spektrum dieser Wolken die FRAUNHOFER-Linien fand.

Durch Beobachtungen ist sichergestellt, daß während der Zeiten günstiger Sichtbarkeit die Dauer der einzelnen Wolkenerscheinungen verschieden lang ist. Sie liegt zwischen einigen Minuten bis zu vielen Stunden. Bei einer Flächenausdehnung bis zu 4 Millionen km^2 wird sogar die Sichtbarkeitsdauer über die Länge eines Tages verständig. Merkwürdigerweise ist die Mächtigkeit eines Wolkensfeldes allgemein verhältnismäßig gering. Es werden gewöhnlich Dicken von 0,5 bis 2 km gemessen.

Das Aussehen verschiedener Typen von Leuchtenden Nachtwolken deutet auf ähnliche Begleitumstände hin, die bei der Bildung von Cirruswolken wirksam sind. In erster Linie ist es die hohe Wind-

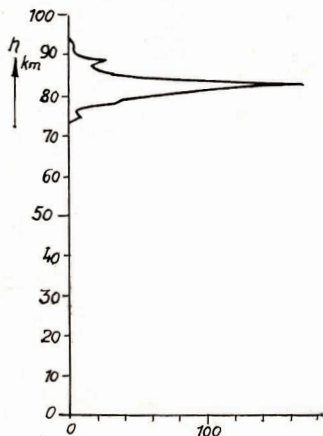


Abb. 1 oben:
Höhenstaffelung der Leuchtenden Nachtwolken.

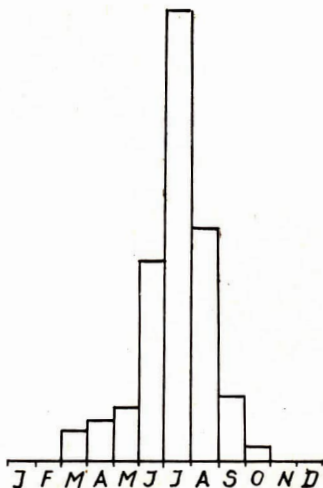


Abb. 2 oben rechts:
Jahreszeitliches Auftreten der Leuchtenden Nachtwolken auf der Nordhalbkugel der Erde.

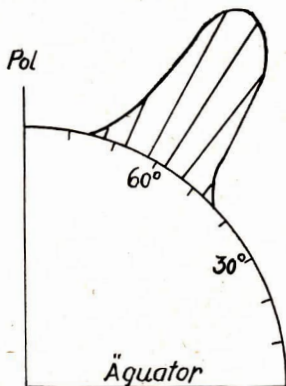


Abb. 3 rechts:
Geographische Häufigkeitsverteilung der Leuchtenden Nachtwolken (Nordhalbkugel).

geschwindigkeit mit einer beachtlichen Turbulenz, die Wirbelbildungen und federartige Faserung hervorbringen. Die in den LNW auftretenden Wogen und kleineren Wellen scheinen jedoch nicht durch übereinander hingleitende verschiedene Luftmassen, wie in der Troposphäre, hervorgerufen zu werden, sondern dürften die Folge durchziehender Schwerwellen aus tieferen Schichten der Erdatmosphäre sein (Abb. 4). Die Wellenlängen liegen bei 8 bis 10 km, Wellen zwischen 20 und 30 km Länge sind erheblich seltener.

Schließlich bewegen sich die LNW mit einer im Durchschnitt um 40 m/s liegenden Geschwindigkeit: Derartige Luftbewegungen entsprechen in Bodennähe der Orkanstärke. In seltenen Fällen sind aber auch erheblich höhere Geschwindigkeiten bis zu 200 m/s und mehr gemessen worden. Die Vorzugsrichtung, aus der die Luftbewegung erfolgt, ist in den Sommermonaten auf der Nordhalbkugel Nordost, die Wolken ziehen also nach westlicher Richtung ab.

4. Neuere Erkenntnisse über die Natur der LNW

(Nach FOGLE [2])

Die ursprüngliche Annahme, daß die lichtreflektierenden Partikel der LNW Vulkanasche seien, mußte fallengelassen werden. Es gab helle Erscheinungen, ohne daß man sie Vulkanausbrüchen zuordnen konnte. Somit mußte man wenigstens noch eine zweite Quelle für den Staub annehmen. Sichere Erkenntnisse ergaben sich schließlich aus Raketenanstiegen mit Staubeinfangvorrichtungen, die im Jahre 1965 gemeinschaftlich von kanadischen und schwedischen Wissenschaftlern durchgeführt wurden. Danach ist festgestellt worden, daß die Staubpartikel Fe und Ni extraterrestrischen Ursprungs enthalten. Insbesondere ergab sich eine Nickelhäufigkeit, wie sie nur bei Meteoriten gefunden wird. Die Durchmesser der Partikel folgen einer allgemeinen Verteilungsfunktion von der Form $N(D) = \text{const} \cdot D^{-n}$, wobei der Exponent im Bereiche $3 < n < 4$ liegt. Bemerkenswert ist, daß diese Verteilungsfunktion auch für andere Bereiche planetarischer Kleinkörper gilt, wie z. B. für die meteoritischen und planetoidischen Körper, jedoch mit anderen Zahlenwerten für die Konstanten und Exponenten.

Bei den Raketenanstiegen fand man nur Partikel im Durchmesserbereich $5 \cdot 10^{-6} < D < 5 \cdot 10^{-5}$ cm. Insbesondere scheint die untere Grenze der Durchmesser sehr scharf zu sein. In dem für das Auftreten von LNW typischen Höhenbereich von 75 bis 98 km wurde festgestellt, daß bei Vorhandensein von Wolken die Partikelkonzentration um den Faktor 100 bis 1000 höher ist. In einer vertikalen Säule durch diesen Höhenbereich befinden sich in einer LNW im Durchschnitt mehr als $8 \cdot 10^6$ Partikel über dem cm^2 . Von diesen zeigen die in der Minderheit vorhandenen größeren Partikel einen „Halo“. Man nimmt an, daß er von geschmolzenem Eis herrührt, das sich um das Teilchen niedergeschlagen hatte und irdischen Ursprungs ist.

Zu ergänzen sind diese Angaben durch Werte, die aus photometrischen Beobachtungen ermittelt sind. Von KHVOSTIKOV stammt die Angabe für eine maximale Leuchtdichte, nämlich $B_{\text{max}} < 0,4$ stlb und von SHARONOV eine Angabe über die scheinbare Albedo im Bereich $2,3 \cdot 10^{-5} < A_s < 4,7 \cdot 10^{-5}$ für eine bestimmte Leuchtende Nachtwolke.

5. Die Rolle der Mesopause

Als Mesopause bezeichnet man die Grenzschicht zwischen der Mesosphäre und der Thermosphäre (Abb. 5). Bis in ihren Bereich bleibt die chemische Zusammensetzung der Erdlufthülle praktisch so wie in Erdbodennähe (Homosphäre). In ihr werden im Sommer die tiefsten Temperaturen der Erdatmosphäre erreicht.

Welche besonderen Vorgänge spielen sich in der Mesopause ab, wenn es zur Bildung von LNW kommt? Drei Fakten sind bei der Beantwortung dieser Frage zu berücksichtigen:

1. Aus dem interplanetaren Raum dringen ständig Staubpartikel in die Erdatmosphäre ein.
2. Ihre räumliche Dichte steigt im Bereich der Mesopause beim Auftreten von Leuchtenden Nachtwolken auf das 100 bis 1000fache.
3. Gleichzeitig sinkt die Temperatur gegenüber dem Mittelwert so stark ab, daß die in jener Höhe vorhandene Menge des Wasserdampfes ausreicht, um sich auf den größten Staubteilchen als Eisschale festsetzen zu können.

Es wird also angenommen, daß der Zustrom des interplanetaren Staubes, der ununterbrochen in nahezu konstanter Stärke auf die Erde einfällt, ausreicht, um teils direkt, teils als Sublimationskerne mit vereister Hülle, durch Streuung des Sonnenlichtes das Phänomen der LNW hervorzubringen. Die räumliche Partikeldichte des interplanetaren Staubes in der Nähe der Erde kann durch die Beziehung $N(D) = B \cdot D^{-m}$ in ihrer Abhängigkeit von der unteren Grenze des Durchmessers D mit $m = 2,8$ und $B = 1,74 \cdot 10^{-23}$ dargestellt werden [3]. Aus diesem Ergebnis zahlreicher Raumsonden folgt ein in die Hochatmosphäre der Erde einschließender Partikelfluß, wenn als mittlere Geschwindigkeit die der teleskopischen und freisichtbaren Meteoriten angenommen wird, von $F = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ pt/cm}^2 \text{ s}$.

Abb. 5:
Temperatur in der Erdatmosphäre bis 100 km Höhe.

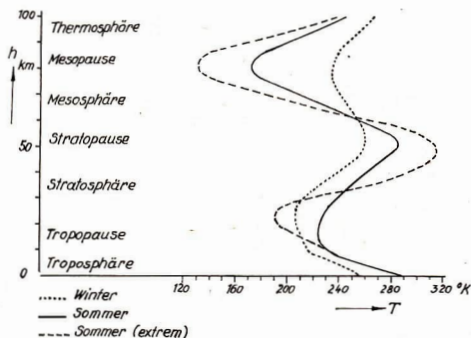
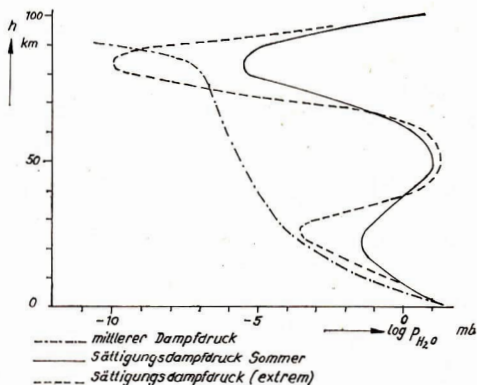


Abb. 8:
Mittlerer Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck entsprechend der durchschnittlichen und extremen Sommertemperatur in der Abb. 5.



Die Eindringgeschwindigkeit von rund 30 km/s wird in den Schichten der Thermosphäre abgebremst, wobei nach WHIPPLE [4] so winzige meteoritische Körper wegen ihrer relativ großen Oberfläche die beim Abbremsen aufgenommene Energie abstrahlen, so daß sie nicht verdampfen, sondern höchstens den Schmelzpunkt erreichen und Kugelgestalt annehmen. Nach Verlust ihrer kosmischen Geschwindigkeit, also in einer Höhe unterhalb 100 km, fallen die Staubpartikel mit Luftwiderstand zunächst in Bereiche der Molekularströmung herab. Im Höhenintervall zwischen 90 und 75 km nimmt dabei die Fallgeschwindigkeit der häufigsten Partikelart, das sind Silikate mit Durchmessern von 5 bis $6 \cdot 10^{-6}$ cm, wegen der nach unten hin zunehmenden Luftdichte von 51 auf 2,2 cm/s ab.

Infolge dieser immer langsamer werdenden Abwärtsbewegung nimmt die räumliche Partikeldichte entsprechend zu. Schließlich gelangen nach einem weiten Fallweg durch die unteren Schichten der Erdatmosphäre diese Teilchen bis zum Erdboden (Abb. 6 und 7), wo allerdings nur die größten leicht gefunden werden können. Durch unsere Atmosphäre fällt also dauernd ein Strom mikrometeoritisch-

scher Partikel bzw. interplanetaren Staubes. Dieser Partikelstrom bleibt normalerweise unbemerkt und erzeugt auch im Bereiche der Mesopause keine Leuchtenden Nachtwolken, weil

die räumliche Partikeldichte des durchfallenden Staubes zu gering ist und

der mittlere Dampfdruck in diesem Höhenbereich zwischen 10^{-9} bis 10^{-7} mb*) liegt also merklich tiefer als der Sättigungsdampfdruck bei etwa 170 °K, der mittleren Sommertemperatur der Mesopause.

Es muß also, sollen LNW wahrnehmbar werden, noch ein Mechanismus hinzukommen, der die räumliche Partikeldichte erhöht und zugleich die Temperatur absinken läßt. Der geforderte Mechanismus braucht nicht unbedingt einheitlicher Natur zu sein. Es könnte z. B. die Erhöhung der Partikeldichte durch Schwankungen des kosmischen Zustroms bewirkt werden und die Abkühlung der Mesopausenschichten in dem entsprechenden Bereich der geographischen Breiten durch advektiv zugeführte Kaltluft eintreten. Man wird aber wohl dem Mechanismus, der beide Forderungen gleichzeitig erfüllt, den Vorzug geben. Dies kann erreicht werden, wenn in der oberen Mesosphäre eine Luftmasse einströmt, die im Vordringen die Luftschichten der Mesopause anhebt, somit adiabatisch abkühlt und zugleich die Fallgeschwindigkeit der Staubpartikel verringert oder sogar überkompensiert. So wird in den betroffenen Schichten neben einer Abkühlung eine Erhöhung der Partikelkonzentration erzeugt. Ein die Fallgeschwindigkeiten kompensierender Aufwind liegt noch im Bereich 0 der Beaufortskala (Windstille). Um von der mittleren Sommertemperatur (170 °K) einen Abstieg auf etwa 130 °K zu erzielen, ist ein Anheben um rund 4 km erforderlich, wozu je nach der Aufwindgeschwindigkeit 2 bis 15 Stunden benötigt werden. Derartige Zeiten stehen auf jeden Fall zur Verfügung. Auch ist anzunehmen, daß während der warmen Jahreszeit in der Mesopause das Temperaturfeld keineswegs durchgängig einheitlich ist, so daß der in Abb. 8 dargestellte Modellfall auch von anderen Voraussetzungen aus leichter erreicht werden kann. Hierzu ist noch zu bemerken, daß dort, wo im Höhenbereich zwischen 75 und 90 km der mittlere Dampfdruck größer ist als der Sättigungsdampfdruck, im Bilde also eine Überschneidung erfolgt, Anlagerung von Wasserdampf molekülen an die vorhandenen Staubpartikel stattfinden kann.

Wenn man die hier nur angedeuteten Wittervorgänge in der Mesopause mit denen in der Troposphäre vergleicht, so fällt der äußerst geringe Dampfdruck auf. Eine Troposphäre mit entsprechend geringem Dampfdruck würde uns ein sehr eintöniges Wettergeschehen bieten: nennenswerte Bewölkung höchstens bei einem „Sturmtief“ oder einer „Gewitterfront“. Vergleichsweise trockene Wetterverhältnisse zeigt der Nachbarplanet Mars, dessen „blaue“ Wolken wegen ihrer großen Höhe mit den irdischen Leuchtenden Nachtwolken verglichen wurden. Von umfassenden Vorstellungen über die Vorgänge in der Mesopause sind wir also noch weit entfernt.

*) mb = Millibar, eine in der Meteorologie meist verwendete Einheit des Druckes.

Literatur:

- [1] В. А. Бронштэн, Н. И. Гришин, Серебристые Облака, Издательство Наука, Москва 1970.
- [2] B. FOGLE and B. HAURWITZ, Space Science Review, Vol. VI, No 3, December 1966.
- [3] Physics and Dynamics of Meteors, IAU Symposium, Nr. 33, Tatranská Lomnica 1967, S. 324.
- [4] F. L. WHIPPLE, Harvard Reprint 343, 1951.

Zur Reichweitensteigerung photographischer Astroatnahmen und zur Empfindlichkeitserhöhung von Aufnahmematerialien

DIETMAR UHLIG

1. Einleitung

Seit es die Astrophotographie gibt, sucht man nach Möglichkeiten, die Reichweite der Aufnahmen zu steigern. Hauptziel dieser Bestrebungen ist, zu lichtschwächeren Objekten vorzudringen. Ein Beispiel aus der letzten Zeit für diese Notwendigkeit sind die Quasare, deren optische Beobachtung ihrer geringen scheinbaren Helligkeiten wegen meist sehr schwierig ist.

Die bisher entwickelten Methoden, um die genannten Ziele zu erreichen, sollen im folgenden dargestellt werden, sofern ihnen eine spezielle Behandlung des Aufnahmемaterials zugrunde liegt.

Es gibt also für jede Kombination eines Teleskops mit einer Emulsion maximale Werte für die Belichtungszeit. Hat die Schwärzung durch die Hintergrundhelligkeit des Nachthimmels etwa den Wert 0,5 erreicht, so wirkt sich jede weitere Belichtung negativ auf die Reichweite aus, da die schwächsten

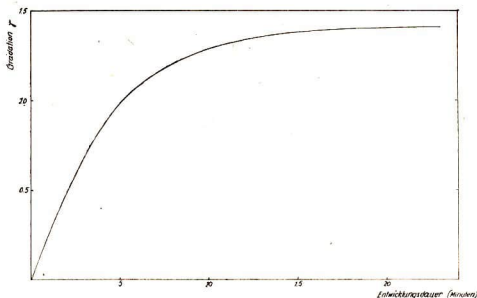


Abb. 2:

Beispiel für die Gradation als Funktion der Entwicklungszeit.

von Sternen hervorgerufenen Eindrücke im Schleier untergehen. Die Empfindlichkeit hat also im Hinblick auf das Hinausschieben der Grenzgröße eine untergeordnete Bedeutung (sofern sie über der durch den Himmelshintergrund gegebenen Grenze liegt), da geringere Empfindlichkeit durch entsprechend lange Belichtung ausgeglichen werden kann.

Dieser Zusammenhang läßt den Weg erkennen, der zu kürzeren Expositionszeiten führt, nämlich Erhöhung der Empfindlichkeit. Nachteilig ist aber, daß eine Emulsion ein um so größeres Korn hat, je empfindlicher sie hergestellt wird.

Wichtig für eine Astroemulsion ist ihre Gradation (γ), worunter man meist die Neigung des geradlinigen Teils der Schwärzungskurve versteht, die aber genau als

$$\operatorname{tg} \alpha = \gamma = \frac{\Delta S}{\Delta \log (It)}$$

definiert ist. Eine flache Gradation erlaubt die Überbrückung eines größeren Helligkeitsintervalls (Abb. 1), während der Vorteil einer steilen Gradation in der größeren Genauigkeit auf Grund besserer Kontrastwirkung bei photometrischen Auswertungen liegt.

Man wird also in der Praxis eine maximale Gradation wählen, die noch das erforderliche Helligkeitsintervall zu erfassen erlaubt.

Die Gradation läßt sich gut durch Art und Dauer der Entwicklung beeinflussen. Dabei wird die Schwärzungskurve um so steiler, je länger der Entwicklungsvorgang dauert (Abb. 2). Jedoch läßt auch jede Verlängerung der Entwicklungszeit den Schleier zunehmen. Um einen möglichst großen Kontrastreichtum zu erzielen, werden Rapidentwickler verwendet. Sie arbeiten hart und ergeben eine steile Gradation.

In der Literatur wird als Möglichkeit der Reichweitensteigerung photographischer Himmelsaufnahmen die feinkörnige Behandlung der Platten genannt. Baum [1] entwickelte zu diesem Zweck Kodak 103-U-Platten in D 76, einem Feinkornentwickler. Die Zeiten für Fixierung und Wässerung wurden möglichst kurz gehalten. Gleichzeitig fand noch ein weiteres Verfahren zur Reichweitensteigerung Anwendung: Die Wahl der für den jeweiligen Zweck geeignetsten Region im Spektrum. Zur Suche von lichtschwachen Galaxienhaufen wurde der Wellenlängenbereich von 650 bis 750 nm gewählt (unter Berücksichtigung der Rotverschiebung). Der Reichweitengewinn betrug bei Galaxien mit großer Rotverschiebung fast eine Größenklasse. Er dürfte wohl jeweils zur Hälfte dem Entwicklungsverfahren und der Eingrenzung des Spektrums zuzuordnen sein. Bei letzterem besteht der Vorteil darin, daß die schleierbildende Wirkung der Hintergrundhelligkeit des Nachthimmels weniger zur Geltung kommt.

Der Gewinn an Reichweite infolge Feinkornentwicklung ist auf ein günstigeres Signal-Rausch-Verhältnis zurückzuführen. Wohl ruft auch bei Rapidentwicklung ein knapp unter dem Schwellenwert liegender Stern noch einen schwachen Eindruck hervor. Dieser läßt aber wegen der unregelmäßigen Kornverteilung keine sichere Entscheidung zu, ob es sich wirklich um einen Stern handelt. Hier liegt der Grund für die Überlegenheit der Feinkornentwicklung, denn auf feinkörnigen Platten ist auch dann in den meisten Fällen noch eine sichere Identifizierung möglich, wenn ein Stern knapp unter dem eigentlichen Schwellenwert liegt. Es muß jedoch beachtet werden, daß durch die Feinkornentwicklung die Gradation möglichst wenig vermindert werden soll.

Für die ORWO-Emulsionen ZP1, ZP3 und ZU2 erwies sich nach Versuchen an der Universitäts-Sternwarte Jena der Feinkornentwickler Final als sehr gut geeignet. Die beschriebenen Methoden erlauben also eine Reichweitensteigerung als Folge eines günstigeren Signal-Rausch-Verhältnisses, welches eine effektivere Ausnutzung des in einer Aufnahme gespeicherten Informationsgehaltes möglich macht.

2.2. Die Superposition photographischer Himmelsaufnahmen

Das Verfahren der zusammengesetzten Photographie wird schon seit vielen Jahrzehnten erfolgreich von Planetenbeobachtern angewendet. Hierdurch angeregt übertrugen Johnson, Neville und Iriarte [2] dieses Verfahren auf die Sternphotographie. Zugleich wurden die Vorteile der Feinkornentwicklung ausgenutzt, indem man beide Methoden der Reichweitensteigerung kombinierte.

Da eine günstige Verfahrensweise Bronkalla [3] genau beschrieben hat, soll auf die Technik des Übereinanderkopierens von einzelnen Aufnahmen nicht näher eingegangen werden.

Das von Johnson u. a. erreichte Ergebnis ist wirklich erstaunlich, denn es ergab sich ein Reichweitengewinn von 1.7 Größenklassen. Davon kann man knapp $\frac{1}{3}$ auf die Verwendung von Feinkornentwickler zurückführen.

Racine [4] führte eine Superposition von vier Aufnahmen des 1,8-m-Schmidt-Teleskops auf dem Mount Palomar und fünf Aufnahmen des 2-m-Teleskops von Tautenburg durch und konnte einen Gewinn von 1.5 Größenklassen gegenüber Einzelaufnahmen feststellen.

Folgender Sachverhalt ermöglicht die Reichweitensteigerung durch Kombination von Einzelaufnahmen:

Die als Schleier sich über die gesamte Aufnahme erstreckende, mehr oder weniger gleichmäßige Schwärzung wird durch Silberkörner hervorgerufen, die zufällig verteilt sind und deren Addition beim Übereinanderkopieren nicht systematisch erfolgt. Bei genauer Justierung werden aber die durch einen schwachen Stern gebildeten Körner, wenn es auch auf der einzelnen Platte zu wenige sind, um eine Identifizierung zu ermöglichen, systematisch addiert, wodurch das Signal-Rausch-Verhältnis günstig beeinflusst wird.

Den eigentlich erzielten Gewinn kann man sich durch eine Abschätzung leicht verdeutlichen. Der Logarithmus eines Intensitätsverhältnisses bei Sternen ist 0.4 n, wobei n den Größenklassenunterschied darstellt. Bei einem Gewinn von 1.5 Größenklassen erhält man also ein Intensitätsverhältnis von etwa 1 : 4. Ein an der Schwelle der Superposition liegender Stern besäße demnach 25 % der Intensität eines Sterns, der die Grenzhelligkeit einer Einzelaufnahme hat.

Es ist natürlich klar, daß ein durch Übereinanderkopieren sichtbar gemachter Stern auch auf den einzelnen Aufnahmen wenigstens andeutungsweise vorhanden sein muß, woraus sich auch gleich die Grenzen des Verfahrens ergeben.

Eine Methode zur Reichweitensteigerung steht und fällt mit der Frage, ob und mit welcher Genauigkeit eine photometrische Auswertung möglich ist. Bronkalla [3] berichtet von einer sehr guten Eigenschaft der Superpositionen für photometrische Zwecke. Racine [4] kommt zu dem Resultat, daß auch die Photometrie von sehr schwachen Objekten mit durchaus annehmbarer Genauigkeit durchführbar ist.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die kombinierte Photographie eine sehr leistungsfähige Methode zur Reichweitensteigerung ist. Ihre Anwendung wird aber wegen des großen Aufwandes auf spezielle Fälle beschränkt bleiben.

2.3. Die Vorbelichtung

Eine schon sehr lange bekannte Methode der Reichweitensteigerung und Belichtungszeitverkürzung ist die Vorbelichtung. Schwarzschild [5] versteht darunter jede zusätzliche Belichtung der Platte, also auch Neben- und Nachbelichtung.

Vorbelichtung im Sinne des Wortes besteht darin, daß die Emulsion vor der Aufnahme kurze Zeit mit geringer Intensität belichtet wird. Bei der Nachbelichtung würde die zusätzliche Belichtung im Zustand des latenten Bildes erfolgen. Nebenbelichtungseffekte können beispielsweise durch Mondschein hervorgerufen werden. Mit allen drei Möglichkeiten kann eine positive Beeinflussung der Emulsion erzielt werden. Die Ergebnisse fallen allerdings recht unterschiedlich aus.

Welcher Vorgang ermöglicht nun die Empfindlichkeits- bzw. Reichweitensteigerung infolge einer zusätzlichen Belichtung?

Jeder Emulsion muß, bevor eine Schwärzung erfolgen kann, eine bestimmte Energiemenge zugeführt werden. Genau dies geschieht bei der Vorbelichtung. Die Energie, bei der die Schwärzung einsetzt, wird Schwellenenergie genannt und ihre Überschreitung beim Vorbelichten führt zur Schleierbildung.

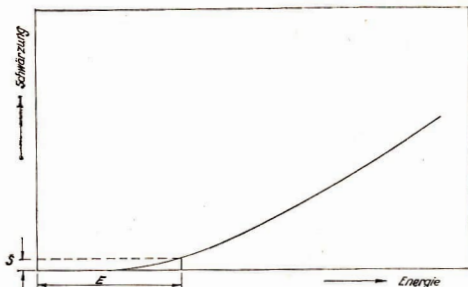


Abb. 3a:

Die Energiemenge E ist bei nicht vorbehandelter Emulsion notwendig, um den Schwellenwert S zu erreichen (Schwärzungskurve schematisch).

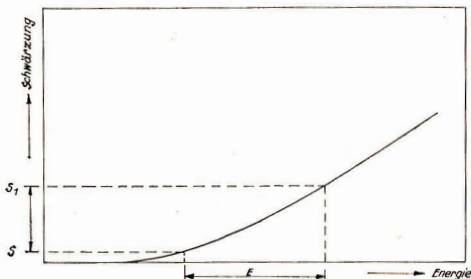


Abb. 3b:

Die gleiche Energiemenge E bringt die Schwärzung von S bis S_1 , wenn der Emulsion durch Vorbelichtung die Schwellenenergie zugeführt wurde.

Durch eine genau dosierte Energiemenge kann man aber die Emulsion in ein Stadium bringen, in dem dann jede weitere Belichtung eine Schwärzung hervorruft (Abb. 3a und b).

Verfolgt man die Wirkung der Vorbelichtung an Hand von Schwärzungskurven, so zeigt sich, daß mit zunehmender Energiezufuhr eine immer stärker werdende Verflachung des unteren Teils erfolgt. Durch den Übertritt in einen Bereich höherer Schwärzung wird das Signal-Rausch-Verhältnis günstiger; vorher nicht sichtbare Sterne werden aus dem Schleier herausgehoben. Übrigens kann man bei jeder vorbelichteten Emulsion einen Schleier gesteigerter Dichte erwarten! Die positive Beeinflussung unterschwelliger Sterne wirkt sich aber stärker als die Verschlechterung der Schleierverhältnisse aus. Erreicht man den Schwellenwert bei der Vorbelichtung, so ist mit der höchstmöglichen Reichweitensteigerung zu rechnen. Jede weitergehende Vorbelichtung läßt auf Grund verstärkter Schleierbildung keine Verlagerung der Grenzgröße zu schwächeren Sternen mehr zu.

Schon Schwarzschild [5] wies darauf hin, daß bei diesem Verfahren die größere Reichweite durch einen nicht zu unterschätzenden Nachteil erkauft wird. Der flachere Verlauf der Schwärzungskurve bringt nämlich eine sehr unerwünschte Verringerung der Genauigkeit bei photometrischen Auswertungen mit sich.

Fast ein Jahrhundert ist nun der Vorbelichtungseffekt Gegenstand von Forschungen. Trotzdem geben die Ergebnisse im ganzen ein recht verwirrendes Bild. So findet von Angerer [6], daß es relativ unwichtig ist, ob die Zusatzbelichtung vor, während oder nach der eigentlichen Belichtung erfolgt. Muljartschik und Petrowa [7] stellten dagegen bei einigen Emulsionen gute Eignung für eine Vorbelichtung, jedoch Wirkungslosigkeit bei einer Nachbelichtung fest.

Denisoff [8] erreicht bei schwachen Objekten eine Steigerung der Photometriergenauigkeit infolge des günstigeren Verhältnisses von Bildschwärzung zu Schleierschwärzung und eines steileren Verlaufes der Schwärzungskurve. Dies entspricht nicht den Ergebnissen von Schwarzschild (s. o.). Auch Breido und Markelova [9] fanden als Ergebnis ihrer Versuche eine Herabsetzung des Kontrastes und damit eine negative Beeinflussung der Meßgenauigkeit.

Sehr eingehend hat sich Miller [10] mit dem Vorbelichtungseffekt beschäftigt. Auch er stellt eine Verminderung des Kontrastes bei geringen Schwärzungsdichten fest. Dies kommt deutlich in Abb. 4 zum Ausdruck, wo vergleichend je eine mit und ohne Vorbelichtung erhaltene Schwärzungskurve dargestellt ist. Unschwer läßt sich ebenfalls erkennen, wie trotz der bei der Vorbelichtung stark gestiegenen Schleierdichte ein günstigeres Signal-Rausch-Verhältnis entsteht.

Betrachtet man die Vielfalt der bei Untersuchungen des Vorbelichtungseffektes erhaltenen Ergebnisse, von denen nur einige wenige genannt wurden, so ist es nicht verwunderlich, daß auch die Angaben über mögliche Empfindlichkeits- bzw. Reichweitensteigerungen sehr unterschiedlich sind. Die Ursache dafür dürfte wohl hauptsächlich in den unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Emulsionen zu suchen sein. Auch das Intensitäts-Zeit-Verhältnis bei der Vorbelichtung hat Einfluß auf das erzielte Ergebnis. Es läßt sich also sagen, daß über die Nützlichkeit einer Vor- oder allgemeiner Zusatzbelichtung von Fall zu Fall entschieden werden muß. Ebenfalls durch entsprechende Versuche muß festgestellt werden, welches Intensitäts-Zeit-Verhältnis bei einer Emulsion den gewünschten Erfolg bringt.

Abschließend sei noch der Hinweis gegeben, daß erhebliche Schwierigkeiten auftreten können, wenn bei Zusatzbelichtung und eigentlicher Belichtung spektrale Unterschiede vorhanden sind. So erfolgt eine Sensibilisierung der Emulsion unter Umständen für den langwelligen Spektralbereich, wenn mit kurzwelligem Licht vorbelichtet wird (Becquerel-Effekt). Eine Herabsetzung des latenten Bildes kann als Folge einer Nachbelichtung mit rotem Licht auftreten (Herschel-Effekt).

2.4. Empfindlichkeitsbeeinflussung mittels thermischer Effekte

Die Empfindlichkeit einer Emulsion ist von der Temperatur und auch von der Feuchtigkeit abhängig. Abb. 5 zeigt eine charakteristische Kurve der Schwärzung als Funktion der Temperatur. Wie man sieht, ändert sich im normalerweise vorzufindenden Temperaturbereich die Empfindlichkeit nur wenig. Z. B. kann aber eine starke Abkühlung die Empfindlichkeit erhöhen. Versuche in dieser Richtung führte Argue [11] durch. Er erreichte mit der Emulsion Ilford HP 3 eine Verkürzung der Expositionszeit auf 1/15, wenn die Platte während der Belichtung auf -78°C abgekühlt wurde. Sicherlich wird dieses Verfahren wegen der ziemlich schwierigen technischen Durchführung keine weite Verbreitung in der Amateurastronomie finden. Außerdem ist der Gewinn bei anderen Emulsionen weniger groß. Überhaupt ist die Wirkung der Verfahren zur Empfindlichkeitssteigerung auf der Grundlage thermischer Behandlung der Aufnahmematerialien sehr emulsionsspezifisch.

Eine andere Methode dieser Art ist das Backen von Emulsionen. Derartige Versuche führte u. a. Harlan [12] unter Verwendung von relativ unempfindlichen, handelsüblichen Aufnahmematerialien durch.

Die Anlage zum Backen setzte sich aus einem Kasten aus gut wärmeisolierendem Material, einem

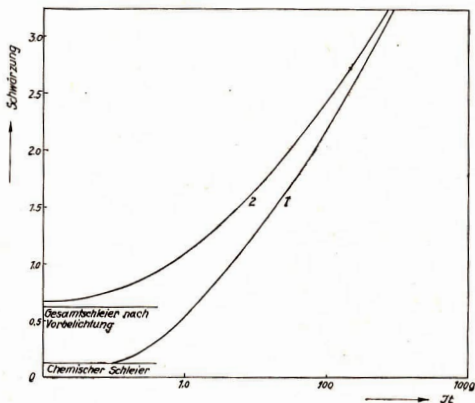


Abb. 4:

Beeinflussung des Verlaufs der Schwärzungskurve durch die Vorbelichtung. Kurve 1 entspricht der unvorbehandelten und Kurve 2 der vorbelichteten Emulsion (nach Miller [10]).

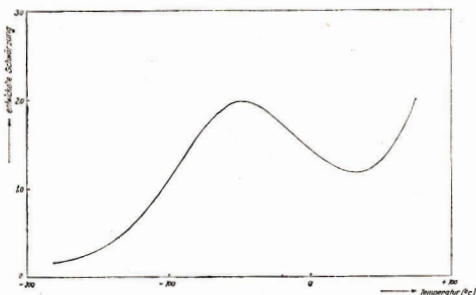


Abb. 5:
Mögliche Abhängigkeit der entwickelten Schwärzung von der Temperatur der Emulsion.

Thermometer und einer elektrischen Heizung zusammen. Ein zwischengeschalteter Regelwiderstand ermöglichte die Steuerung der Temperatur. Mit Hilfe dieser Anlage wurden Emulsionen bis zu 8 Tagen bei Temperaturen von 50...70 °C gebacken. Höhere Backtemperaturen sind nicht empfehlenswert, denn die Gefahr einer Verschleierung ist dann sehr groß. Harlan stellte fest, daß die Empfindlichkeitssteigerung nicht auf Kosten einer Vergrößerung des Korns erreicht wird.

Miller [10] konnte von erheblichen Gewinnen berichten, als er die Backwirkung auf die Kodak IIA-O Emulsion untersuchte. Die Schwärzungskurve blieb in der Neigung annähernd konstant und zeigte im Bereich schwacher Intensitäten sogar ein günstigeres Signal-Rausch-Verhältnis, als es sich infolge Vorbelichtung ergab. Normalerweise ist aber in dieser Hinsicht die Vorbelichtung dem Backen überlegen.

Die höchsten Gewinne kann man bei diesem Verfahren erwarten, wenn der Backvorgang kurz vor beginnender Verschleierung endet. Ein etwas dichter Schleier muß in jedem Falle in Kauf genommen werden. Die Backzeit ist von der Temperatur abhängig und liegt um so niedriger, je höher man diese wählt.

Wie schon erwähnt, sind die Ergebnisse stark von dem jeweils verwendeten Aufnahmematerial abhängig. Harlan [12] gibt immerhin etwa eine Größenklasse Gewinn an, wobei allerdings beachtet werden muß, daß die Experimente sich auf ziemlich unempfindliche Emulsionen beschränkten.

Im Hinblick auf die Beeinflussung der Empfindlichkeit durch thermische Effekte soll noch auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die sich unter Umständen ungünstig auf die Genauigkeit einer photometrischen Auswertung auswirken kann. Und zwar können in Kassetten von Zimmertemperatur eingelegte Platten eine Empfindlichkeitsänderung erfahren, wenn keine Anpassung an die Außentemperatur erfolgt.

Auch die auf einer speziellen thermischen Behandlung der Emulsionen beruhenden Methoden zur Empfindlichkeits- und Reichweitensteigerung können recht gute Ergebnisse bringen. Die Anwendbarkeit für eine bestimmte Emulsion sowie die günstigste Verfahrensweise festzustellen, bedarf es entsprechender Experimente.

2.5. Die Hypersensibilisierung

Die Hypersensibilisierung ist eine Methode der Empfindlichkeits- und Reichweitensteigerung vornehmlich für den langwelligen Spektralbereich und vor allem für Infrarotplatten. Die Herstellung von Aufnahmematerialien höchster Empfindlichkeit für diesen Spektralbereich ist zwar möglich, jedoch können diese Emulsionen nicht lange gelagert werden. Es gibt eine ganze Reihe von Hypersensibilisierungsverfahren. Die wichtigsten werden nachfolgend beschrieben.

2.5.1. Die Hypersensibilisierung durch Quecksilberdampf

Diese Methode hat den Vorteil, daß die empfindlichkeitssteigernde Wirkung nicht auf einen bestimmten Spektralbereich beschränkt ist. Die Bedampfung erfolgt vorteilhaft in einem lichtdichten Behälter, in dem die Emulsion bei Zimmertemperatur bis zu einigen Tagen mit einer kleinen Menge Quecksilber oder Quecksilberamalgal aufbewahrt wird. Man kann aber auch bei verpacktem Aufnahmematerial zum Erfolg kommen, wenn die Bedampfungszeit auf etwa eine Woche verlängert wird und braucht dann natürlich nicht unter Lichtabschluß zu arbeiten. Der Effekt beruht auf einer parallelen

Verschiebung der Schwärzungsskala nach oben; die Gradation erfährt keine nennenswerte Veränderung.

Allerdings läßt sich die Quecksilberbedampfung nicht bei allen Emulsionen mit Erfolg anwenden. Die gesteigerte Empfindlichkeit hält sich immerhin einige Wochen (Lagerung bei Zimmertemperatur). Erneute Bedampfungen zum Ausgleich von Empfindlichkeitsverlusten sind möglich.

Ein negativer Einfluß auf die für die Photometrie der Aufnahmen wichtigen Eigenschaften der Emulsion ist in ausgeprägter Weise nicht vorhanden.

2.5.2. Die Hypersensibilisierung durch Bäder

Das Baden von Emulsionen in Wasser oder bestimmten Lösungen kann die Empfindlichkeit sehr stark steigern. Diese Methoden werden vor allem bei Aufnahmematerialien angewendet, die für den langwelligen (infraroten) Spektralbereich vorgesehen sind und zeigen meist auch nur hier ihre empfindlichkeitssteigernde Wirkung.

Bei der Hypersensibilisierung durch Bäder werden die Eigenschaften der photographischen Schicht wesentlich beeinflusst. Im einfachsten Fall erfolgt eine etwa einstündige Wässerung in fließendem Wasser. Breido und Markelova [13] badeten Emulsionen erfolgreich 2 Stunden in destilliertem Wasser, spülten in Spiritus nach und trockneten im unbeheizten Luftstrom. In anderen Fällen bewährte sich fünfminütiges Baden in einer Lösung, die aus einem Teil Spiritus und zwei Teilen Wasser bestand.

Überhaupt sind Bäder, denen geeignete Chemikalien zugesetzt werden, in den meisten Fällen wirkungsvoller. So verwendeten Breido und Markelova erfolgreich eine Lösung, die sich aus 5 cm³ 28 %iger Ammoniaklösung und 100 cm³ Wasser zusammensetzte. Das Bad hatte eine Temperatur von 12 °C. Die Emulsionen wurden 1 Minute darin gebadet, in kaltem Wasser gespült und im Trockenschrank getrocknet. Morrison und Greenberg [14] erzielten sehr gute Ergebnisse mit einer 4 %igen Ammoniaklösung bei Temperaturen von 10 °C und Badezeiten von 4...8 Minuten. Die Belichtung erfolgte im feuchten Zustand.

Etwa 4 %ige Ammoniakbäder (unter Verwendung von 28 %igem Ammoniumhydroxid), niedrige Temperaturen (5...12 °C) und Badezeiten von einigen Minuten sind im allgemeinen recht erfolgversprechend. In der Literatur findet man Angaben über zum Teil sehr große Gewinne an Empfindlichkeit. Ein Gewinnfaktor 10 liegt durchaus im Bereich des Möglichen [15]. Die Haltbarkeit der mit Ammoniak hypersensibilisierten Emulsionen ist jedoch sehr begrenzt (höchstens einige Tage). Gewarnt sei vor zu hohen Ammoniakkonzentrationen, da dann leicht eine Verschleierung der Emulsion erfolgt.

Etwas weniger Gewinn an Empfindlichkeit erhält man bei Verwendung von Sodälösungen. Damit behandelte Platten haben aber den Vorteil der Schleierfreiheit und einer längeren Haltbarkeit.

Ein Effekt der Hypersensibilisierung besteht noch darin, daß die Behandlung eine ausgleichende Wirkung auf die spektrale Empfindlichkeitsverteilung einer Emulsion hat. Unbedingt zu beachten ist bei diesen Verfahren die Tatsache, daß jede Empfindlichkeitssteigerung durch meist ungünstige Beeinflussung wichtiger Eigenschaften der Emulsion erkauft wird. Die Hypersensibilisierungsergebnisse sind sehr von der jeweils verwendeten Emulsion abhängig. Ein ideales Rezept kann nicht angegeben werden und es ist daher unumgänglich, die günstigste Verfahrensweise experimentell festzustellen.

2.5.3. Die Feinkorn-Ausgleich-Hypersensibilisierung (FAH)

Wie aus der Bezeichnung hervorgeht, handelt es sich eigentlich auch hier um ein Verfahren zur Hypersensibilisierung. Wegen der doch sehr wesentlichen Unterscheidungsmerkmale gegenüber den bisher beschriebenen, soll es in einem besonderen Abschnitt behandelt werden. Im übrigen sei auf die Arbeit von Högner [16] verwiesen.

Es wurde schon erwähnt, daß eine Hypersensibilisierung meist mit einer ungünstigen Beeinflussung von Emulsionseigenschaften verbunden ist, wie z. B. Vergrößerung des Kornes und größere Schleieranfälligkeit. Die Meinungen über die Wirkung auf die Gradation gehen auseinander, auf jeden Fall erfährt sie eine Änderung. Beim FAH-Verfahren — darin besteht sein großer Vorteil — wird eine Steigerung der Empfindlichkeit möglich, ohne daß wichtige Eigenschaften der Emulsion wesentlich beeinträchtigt werden.

Die Behandlungsvorschriften für die gebräuchlichsten Aufnahmematerialien unterscheiden sich kaum. Stets bildet eine Behandlung mit Formalinlösung die Grundlage (je nach Emulsion 50 oder 100 ml 30–40 %ige Formalinlösung auf ein Liter dest. Wasser). Die Badezeiten liegen bei einigen Minuten. Wässerung und Trocknung beschließen die FAH-Vorbehandlung.

Bei diesem Verfahren ist eine sehr gute Steuerung der sich ergebenden Eigenschaften der Emulsion

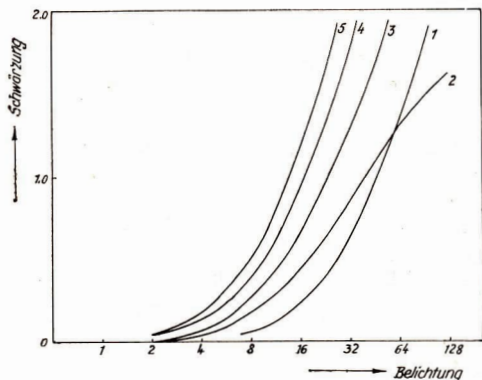


Abb. 6:
Wirkung des FAH-Verfahrens auf die Eigenschaften der ORWO-ZP3-Emulsion (nach Högner [16]).

möglich. Eine entsprechende Entwicklung, wobei vor allem der Zeitfaktor wichtig ist, läßt die Beeinflussung von Empfindlichkeit und Gradation in einem ziemlich weiten Bereich zu.

Abb. 6 läßt die empfindlichkeitssteigernde Wirkung der Feinkorn-Ausgleich-Hypersensibilisierung sowie die gute Beeinflussbarkeit der Ergebnisse mit Hilfe der Entwicklungszeit deutlich erkennen. Es handelt sich um Schwärzungskurven von ORWO-ZP3-Platten, die bei gleicher Belichtungszeit und gleichem Entwickler unterschiedlich lange entwickelt wurden. Die Kurve 1 entspricht zehninütiger Entwicklung ohne FAH-Vorbehandlung und die Kurven 2, 3, 4 und 5 in gleicher Reihenfolge ein-, zwei-, vier- und zehninütiger Entwicklung von vorbehandelten Platten.

Besonders empfehlenswert ist die Anwendung der FAH-Methode, wenn es auf die Feinkörnigkeit der Emulsion ankommt. Relativ unempfindliche (feinkörnige) Aufnahmematerialien werden ohne nennenswerte Kornvergrößerung empfindlicher gemacht.

Welche chemischen Vorgänge sich bei der Formalinbehandlung genau abspielen und die guten Ergebnisse dieses Verfahrens ermöglichen, ist noch weitgehend unbekannt.

Mit Hilfe der Feinkorn-Ausgleich-Hypersensibilisierung können Empfindlichkeitssteigerungen erzielt werden, deren obere Grenze u. U. beim 14fachen, normalerweise aber beim etwa 4fachen liegt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß vorbehandelte Platten mehrere Monate gelagert werden können.

Die Feinkorn-Ausgleich-Hypersensibilisierung ist eine recht günstige und universelle Methode der Empfindlichkeitserhöhung und Reichweitensteigerung.

Literatur:

- [1] Baum, W. A. 1958, Pub. A. S. P., 70, 450. — [2] Johnson, H. L., Neville, R. de F. and Iriarte, B. 1958, Lowell Obs. Bull., 4, No. 93. — [3] Bronkalla, W. 1968, Die Sterne, 44, 193. — [4] Racine, R. 1967, Astron. J., 72, 65. — [5] Schwarzschild, K. 1900, Publ. der v. Kuffnerschen Sternwarte in Wien, 5. Band, C. — [6] von Angerer, E., Wissenschaftliche Photographie, 5. Aufl., Leipzig 1952, S. 102. — [7] Muljartschik, T. M., Petrowa, K. I. 1957, Astr. Zu., 34, 102. — [8] Denisoff, A. 1929, Z. wiss. Phot., 27, 128. — [9] Breido, I. I., Markelova, A. A. 1961, Mitt. Obs. Pulkowo, 22, No. 154, 195. — [10] Miller, W. C. 1964, Pub. A. S. P., 70, 328. — [11] Argue, A. N. 1954, The Observatory, 74, 213. — [12] Harlan, E. A. 1964, Sky and Telescope, 27, 187. — [13] Breido, I. I., Markelova, A. A. 1958, Mitt. Obs. Pulkowo, 21, No. 162, 174. — [14] Morrison, D. and Greenberg, E. H. 1968, Astron. J., 73, 518. — [15] Hong, A. A. and Miller, W. C. 1969, Kitt Peak Contr. 426. — [16] Högner, W. Die Sterne, 1971, 47, 136.

Eine elektronische Nachführung für astronomische Fernrohre und Kameras

H. BUSCH / H. HERMSDORF

Die parallaktische Aufstellung astronomischer Fernrohre und Kameraanlagen bewirkt, daß nur eine konstante Drehbewegung der Stundenachse entsprechend des scheinbaren täglichen Umlaufs des Sternhimmels erforderlich ist. Gewöhnlich werden zum Antrieb Synchronmotore oder stufenlos regelbare Asynchronmotore verwendet.

Wer jedoch mit einer solchen Anlage (z. B. dem vom VEB Carl Zeiss Jena gelieferten Schulfernrohr mit 1b-Montierung) versuchte, Himmelsaufnahmen mit angesetzter Kamera oder selbständiger Kamera zu erhalten, war nicht immer zufrieden mit der geforderten konstanten Nachführbewegung durch den Motor. Die Ursachen für Nachführfehler sind fast immer Frequenzschwankungen im Netz oder ungleichmäßige Belastung der Rutschkupplung.

Wer als Amateur nur ab und zu eine Aufnahme herstellt, der kommt mit der gegebenen Technik aus, wenn er die Nachführung ständig kontrolliert und evtl. korrigiert. Will man aber eine sogenannte „Himmelsüberwachung“ mit Langzeitaufnahmen oder Aufnahmen mit Instrumenten größerer Brennweite durchführen und benötigt dabei viele Aufnahmen, so wird es lästig, ständig am Instrument „angebunden“ zu sein. Diese Erfahrung machten wir, als wir einige Jahre lang nur mit Synchronmotorantrieb Aufnahmen geführt hatten und damit auch für andere Beobachtungen keine Zeit mehr fanden.

So entwickelte H. HERMSDORF eine elektronische Nachführung, die sich für Fernrohre und Kameras gleich bewährte. Eine solche photographische Anlage läuft bei uns* seit über 10 Jahren. Sie ist überall dort von Nutzen, wo auf genaue Nachführung Wert gelegt wird. Langbelichtete Aufnahmen können mühelos hergestellt werden. Unsere Anlage ist auf Grund ihrer Bauweise unabhängig von Spannungs-, Frequenz- und z. T. auch Temperaturschwankungen. Es ist eine durchweg aus elektronischen Bauteilen entwickelte Anlage, bei der störanfällige Relais vermieden wurden. Gerade in den kalten und feuchten Herbst/Wintermonaten zeigt sich ihr Vorteil.

Je mehr Präzision gefordert wird, desto schwieriger ist der Selbstbau. Trotzdem sind wir der Meinung, daß ein Nachbau unserer Anlage möglich ist, wenn man verschiedene dazu notwendige Voraussetzungen erfüllen kann.

Sehr entscheidend für die Nachführqualität ist in erster Linie der mechanische Aufbau des Instrumentes, insbesondere die Genauigkeit des Stundenrades und der Schnecke, außerdem eine solide Montierung und eine feste Aufstellung. Feinbewegung in Rektaszension und Deklination sind nützlich, wobei eine von der Nachführanlage unabhängige Bewegung (z. B. durch Planetenradgetriebe) zweckmäßig ist, um ein bequemerer Einstellen zu haben. Auch ist eine Dunkelfeldbeleuchtung, wie sie K. HÄUSSLER beschrieb (Astronomie und Raumfahrt 2/1973), für eine Kameraanlage sehr zu empfehlen. Eine weitere selbstverständliche Forderung ist, daß das Gerät sehr präzise auf Polhöhe und Meridian justiert ist (Scheinemethode). Der benutzte Spezialmotor besitzt nur geringe Leistung, darum muß auf eine gute Ausbalancierung des Instrumentes und auf Überbelastung geachtet werden, da sich sonst unliebsame Störungen ergeben können (Verschalten der Anlage, übermäßige Verschleißerscheinungen am Stundenrad). Zur Steuerung der Anlage braucht man eine auf Sternzeit einregulierte Sekundenpendeluhr mit zwei Lichtschranken. An die Uhr werden keine großen Anforderungen gestellt.

Wer sich für den Selbstbau einer Nachführanlage entschließt, benötigt einige Grundkenntnisse und Fertigkeiten auf den Gebieten Elektrotechnik, Elektronik und Instrumentenbau. Helfer lassen sich für eine solche interessante Aufgabe sicher finden, wenn man nicht alles selbst kann.

Die Anlage besteht aus einer Sternzeit-Sekundenpendeluhr mit zwei eingebauten Lichtschranken, einem Signalformer (Schmitt-Trigger), der eigentlichen Regelanlage mit Netzteil und dem Spezialmotor mit Getriebeanschluß an das zu steuernde Instrument.

Sämtliche Bauteile sind beschaffbar. Für die Transistoren können vom Fachmann auch andere gleichwertige eingesetzt werden. Bis auf die Pendeluhr, die elektronischen Bauteile und den Ferrarismotor haben wir alles selbst gefertigt. Der Ferrarismotor kann über unsere Sternwarte vom VEB Elektromotorenwerk Hartha bezogen werden (Richtpreis 280 M). Ohne Pendeluhr (die man aus mancher Rumpelkammer noch kostenlos holen kann) sollte man für die Unkosten etwa 600 M veranschlagen,

* Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Hartha

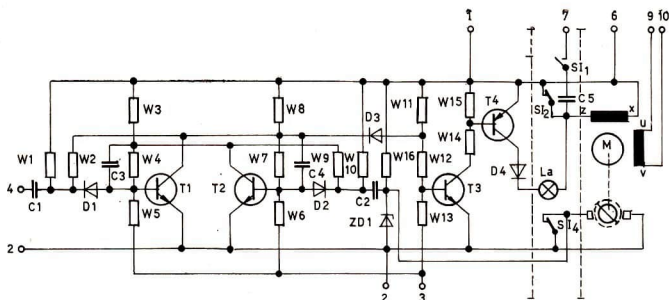


Abb. 1

wenn man keine Fremdleistungen benötigt. Dafür hat man eine Anlage, die großen Ansprüchen genügt.

Wir haben die Anlage im Baukastenprinzip aufgebaut. Durch diese Bauweise ist es möglich, evtl. Störungen in wenigen Minuten auch von Laien beheben zu lassen, da nur die gestörten Bauteile in ihren Steckverbindungen ausgetauscht werden brauchen.

Alle Interessenten für unsere Anlage können gern zu uns kommen, um Anleitung für die Anfertigung der Einzelteile und bei der Montage zu erhalten, da die Nachführanlage an das Getriebe des Gerätes individuell angepaßt werden muß und hier nicht vollständig beschrieben werden kann.

Die hier zu beschreibende elektrische Nachführung für astronomische Geräte beruht auf dem Uhr-gangprinzip. Die Ausführung erfolgt jedoch weitgehend mit elektronischen Mitteln, was bei entsprechendem Aufbau zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit führt. Die Regelung ist in der Lage, Änderungen des Lastmomentes, z. B. durch ungenügende Ausbalancierung oder Temperaturschwankungen ohne Fehler weitgehend auszugleichen. Die Ganggenauigkeit wird dabei nur von der steuern- den Uhr vorgegeben.

Bei der hier beschriebenen Nachführung stand eine Kameraanlage mit einer Antriebswelle, die eine Drehzahl von 60 Umdrehungen pro Sternzeitminute erfordert, zur Verfügung. Zur Steuerung dient eine einfache Sekundenpendeluhr, die auf Sternzeit einreguliert wurde. Wichtig für die Funktion ist, daß die Anzahl der zur Steuerung erforderlichen Impulse, die von der Uhr und dem Antrieb abgegeben werden, gleich groß ist (im Beispiel 2 Impulse pro Sekunde).

Schaltungsbeschreibung

Die Nachführung erfolgt mit einem Ferrarimotor, dessen Drehzahl durch den Transistor T 4 des Regelteils periodisch zwischen 70 U/min und 50 U/min gesteuert wird. Dabei wird von einem auf der Motorwelle angebrachten Kommutator alle halben Sekunden der Kondensator C 2 an Masse geschaltet (Abb. 1). Der Kern der Steuerschaltung ist ein bistabiler Multivibrator (Flip-Flop) mit den Bauelementen T 1, T 2, W 3..... W 8, C 3, C 4. In dieser Schaltung ist jeweils ein Transistor (z. B. T 1) stromführend, während der andere Transistor (T 2) gesperrt ist. Dieser Zustand ist solange stabil, bis ein negativer Impuls den jeweils stromführenden Transistor (T 1) sperrt, wodurch der andere Transistor (T 2) stromführend wird. Danach kann sich der Vorgang in umgekehrter Folge wiederholen.

Die Kombinationen W 2/D 1 und W 9/D 2 bewirken, daß jeweils nur der gerade stromführende Transistor einen Impuls erhält. Die Widerstände W 1 bzw. W 9 spannen dabei die Diode mit etwa 2 V in Sperrrichtung vor, damit auf den langen Verbindungsleitungen (bei uns etwa 15 m) evtl. vorhandene Störungen den Multivibrator nicht ansteuern können. Die Mindestamplitude der Steuerungssignale ist damit auf 2 V festgelegt. Im Gerät beträgt sie tatsächlich 6 V. Sie darf aus Gründen der Spannungsfestigkeit der Transistoreingänge nicht größer sein! Dies begründet auch die Einschaltung der Zenerdiode ZD 1. Über C 1 werden die Schaltimpulse von der Uhr (über eine Schaltstufe auf dem Netzteil) und über C 2 die Schaltimpulse des Kommutators eingekoppelt. Diese Impulse versetzen die Transistoren T 1 und T 2 abwechselnd in den gesperrten Zustand.

Über die Diode D 3 wird der Transistor T 3 im Schaltrhythmus von T 1 angesteuert. Ist T 1 strom-

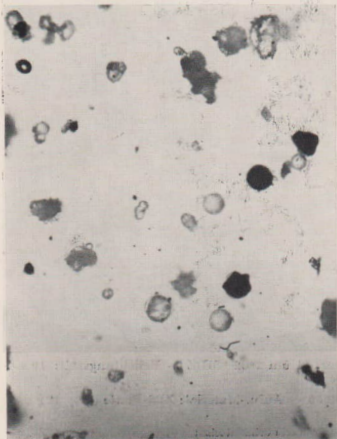


Abb. 4. Leuchtende Nachtwolken mit Wellenstruktur. Aufn.: N. Auff'm Ord, 10./11. Juli 1970.

Zum Beitrag S. 65: Leuchtende Nachtwolken

Abb. 6, links unten: Mikro-Aufnahme überwiegend silikatischer Partikel im irdischen Staub. Die größten haben einen Durchmesser von etwa $25\mu\text{m}$. Abb. 7, rechts unten: Eisenkügelchen im irdischen Staub, durch Magnetismus in Gruppen und Ketten zusammengehalten. Durchmesser der größten Kugel etwa $50\mu\text{m}$.

Aufnahmen: J. Hoppe





Mond und Saturn: 3 Min nach Bedeckung 1973 Dez. 11 um 2^h02^m MEZ — Belichtungszeit: 10 s —
Luft und Sicht: gut

Kamera: Sonnenkamera am Coudé-Refraktor 150/2250 — Aufn.-Material: ZP3-Platte (9 × 12)

Mond infolge Eigenbewegung verschwommen

Aufnahmen oben und rechts: H. Albert, Pionier- und Jugendsternwarte Crimmitschau



Mond im Alter von 15,76 Tagen — 1972 Nov. 21 um 21.35 MEZ — Luft und Sicht sehr gut
2,5 s belichtet auf ZP1-Platte (9×12)
Sonnenkamera am Coudé-Refraktor 150/2250
Äquivalentbrennweite 9 m



Die Kuppel des 2-m-Teleskops des Observatoriums in Schemenka. Ein Teil der rund 800 Besucher vom IAF-Kongreß in Baku, die an einer ganztägigen Exkursion nach diesem Observatorium teilnahmen, begibt sich zum Hauptexperiment.

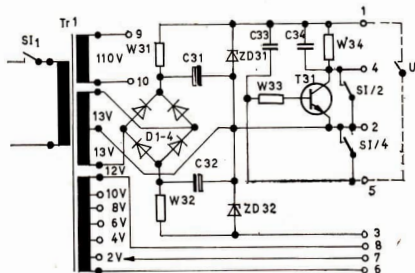


Abb. 2 a, oben

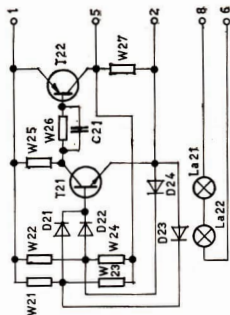


Abb. 2 b, rechts

führend, so steht am Verbindungspunkt W 11/W 12 nur geringe Spannung (etwa 0,6 V) zur Verfügung, die nicht ausreicht, um T 3 in den stromführenden Zustand zu versetzen. Damit bleibt auch T 4 gesperrt – der Motor läuft mit einer Geschwindigkeit von 70 U/min. Sperrt ein von der Uhr kommender Impuls den Transistor T 1, so wird der Transistor T 3 und damit der Transistor T 4 stromführend – der Motor läuft mit einer Geschwindigkeit von 50 U/min.

Die Stromversorgung erfolgt aus einem zenerdiodenverstärkten Netzteil, dem eine Spannung von $+6,8$ V und $-6,8$ V entnommen wird. Das Netzteil sowie der Transformator sind bei uns für den parallelen Betrieb von 3 Regelanlagen ausgelegt. Aus diesem Grund ist auch der Transistor T 31 vorgesehen, der alle 3 Regelteile mit dem Uhrimpuls versorgt und zu deren Entkopplung dient. Ist ein elektromechanischer Kontakt in einer Uhr vorhanden, so erfolgt der Anschluß des Kontaktes an den Punkten 1 und 5 des Netzteils (Abb. 2a).

Weil eine Pendeluhr für die Steuerung ausgenutzt werden sollte, mußte der Uhrimpuls mit Hilfe des Pendels nach dem Lichtschrankenprinzip gewonnen werden. Da die Uhr eine Sekundenpendeluhr ist, aber jede halbe Sekunde ein Impuls benötigt wird, so war eine Anordnung von zwei Lampen mit 2 gegenüberliegenden Photodioden erforderlich. Die Anordnung erfolgt am untersten Teil des Pendels symmetrisch zur Mittellage. Der Abstand von der Mittellage beträgt das 0,7fache der maximalen Pendelamplitude. Dieser Aufbau gewährleistet einen gleichmäßigen Impulsabstand. Der erforderliche Zusatzverstärker (Schmitt-Trigger) ist mit in der Uhr angebaut und wird von dem Netzteil mit versorgt (Abb. 2b).

Wie längerer Betrieb mit Vorläufern dieser Anordnung gezeigt hat, macht sich wegen der langen Leitungen ein besonderer Schutz der Schaltung gegenüber Spannungsimpulsen, wie sie z. B. bei Gewittern auftreten können, erforderlich. Dabei wurde anstelle eines einfachen Einschalters ein zweipoliger Kipp-Umschalter sowohl im Netzteil als auch im Regelteil eingebaut. Im ausgeschalteten Zustand des Gerätes sind mit Hilfe der Kontakte S I 2 und S I 4 sowie S II 2 und S II 4 Leitungen kurzgeschlossen, so daß eventuell induzierte Spannungstöße keinen Schaden an den Transistoren anrichten können. Es ist daher beim Aufbau der Anlage darauf zu achten, daß diese Kurzschlußschalter in unmittelbarer Nachbarschaft der Transistoren angebracht werden.

Aufbau

Der Aufbau von 3 parallel arbeitenden Anlagen erfolgt in einem Einschub. An seiner Frontplatte sind der Einschalter für das Netzteil sowie die Einschalter der einzelnen Motoren und die Kontrolllampen angebracht.

Das Netzteil (ohne Trafo), das Regelteil (links der gerissenen Linie) sowie der Zusatzverstärker (ohne Photodioden und Lampen) sind auf getrennten steckbaren Leiterplatten angeordnet. Die vorhandenen Reserveplatten ermöglichen einen schnellen Austausch und gute Zugänglichkeit bei Reparaturen. An der Kameraanlage, zu der ein sechsadriges Kabel führt, sind keine Bedienungselemente. Nützlich für eine zuverlässige Funktion scheint die Aufstellung der Regelanlage in beheiztem Raum.

Zur Gewinnung des Kontrollimpulses vom Motor wurde auf die Motorachse ein Kommutator eines ausgedienten Motors aufgebracht. Zwei gegenüberliegende Schleifkohlen werden im Abstand von einer halben Sekunde durch zwei gegenüberliegende miteinander verbundene Lamellen des Kommutators kurzgeschlossen.

Inbetriebnahme

1. Überprüfen der Spannungen des Transformators.
2. Überprüfen der Ausgangsspannungen des Netzteils. Dabei auf evtl. Erwärmung der Zenerdioden ZD 31 und VD 32 achten. *Achtung! Das Netzteil nur kurzzeitig ohne Belastung eingeschaltet lassen, da in diesem Fall die Dioden ZD 31 und ZD 32 am meisten belastet werden! Da die vorliegende Dimensionierung für 3 Regelteile erfolgte, ist bei Verringerung der Stromaufnahme W 31 und W 32 zu vergrößern!*
3. Anschließen des Regelteils ohne Motor an das Netzteil. Vom Anschluß 4 zum Anschluß 1 einen Widerstand $4,7\text{ k}\Omega$ anlöten. Durch abwechselndes Verbinden des Punktes 4 und 2 des noch offenen Anschlusses des Kommutators mit 2 muß sich die bistabile Multivibratorschaltung in die zwei stabilen Zustände schalten lassen. Wird 2 und 4 kurzzeitig verbunden, muß von 2 nach dem Kollektor von T 1 eine Spannung von 6 V sein, von 2 nach dem Kollektor von T 2 eine von 0,13 V. Wird der Kommutatoranschluß kurzzeitig mit 2 verbunden, sind die Spannungsverhältnisse an den Transistoren vertauscht.

Jetzt kann der Motor an den Regelteil angeschlossen werden, nur die Verbindung zum Kommutator bleibt getrennt. Nun muß sich beim kurzzeitigen Verbinden der vorgenannten Punkte die Drehzahl des Motors ändern lassen. Die endgültige Einstellung der Geschwindigkeiten des Motors erfolgt am Gerät.

Dazu wird die Anlage komplett zusammengebaut, die Uhr wird angeschlossen, nur die Verbindung zum Kommutator bleibt getrennt. Mit Hilfe der Spannungsabgriffe am Transformator wird eine Umdrehungszahl des Motors von etwa 70 U/min eingestellt.

Im aufgebauten Gerät genügt bereits eine Spannung von 2 V. Danach wird die Zuleitung von der Uhr unterbrochen und der Kommutator angeschlossen. Jetzt muß mit Hilfe von Parabel- oder Reihenwiderständen zur Lampe eine Drehzahl von etwa 50 U/min eingestellt werden. Eine Erhöhung (Reihenschaltung) des Widerstandes erhöht die Drehzahl. Wird die Uhr nun angeschlossen, so muß sich eine Drehzahl von 60 U/min ergeben. Da der Abstand der Schaltimpulse 0,5 Sek. beträgt, erfolgt die Umschaltung der Geschwindigkeit nach etwa 0,25 Sek., was sich am regelmäßigen Aufleuchten der Lampen kontrollieren läßt.

Bauteilliste

Regelteil		Zusatzverstärker	
W 1, W 10	30 $\text{k}\Omega$	W 21, W 22, W 23, W 24	500 $\text{k}\Omega$
W 2, W 9	18 $\text{k}\Omega$	W 25	10 $\text{k}\Omega$
W 3, W 8	100 $\text{k}\Omega$	W 26	100 $\text{k}\Omega$
W 4, W 7	22 $\text{k}\Omega$	W 27	4,7 $\text{k}\Omega$
W 5, W 6	2,4 $\text{k}\Omega$	C 21	100 pF
W 11, W 12	3,9 $\text{k}\Omega$	D 21, D'22	GA 103
W 13	24 $\text{k}\Omega$	D 23, D 24	GP 120
W 14	0,02 $\text{k}\Omega$	T 21	SC 207 D
W 15	1 $\text{k}\Omega$	T 22	GF 100, GC 100
W 16	4,7 $\text{k}\Omega$	La 21, La 22	12 V/0,1 A
D 1, D 2, D 3	GA 103	Netzteil	SY 200, LY18 SZ 506 auf Kühlblech montiert
D 4	SY 200, LY 18		
ZD 1	SZX 18/6,2	D 31 bis D 34	200 $\mu\text{F}/25\text{ V}$
T 1, T 2, T 3	SC 207 c	2 D 31, 2 D 32	0,1 μF
T 4	GC 123 b	C 31, C 32	0,022 μF
C 1, C 2	2,2 nF	C 33	100 Ohm/8 W
C 5	MP 5 $\mu\text{F}/160\text{ V}$	C 34	22 $\text{k}\Omega$
La 1	24V/0,05 A	W 31, W 32	2,2 $\text{k}\Omega$
S I	zwei-poliger Kipp-Umschalter	W 33	SC 207 c
Motor	Ferraris-Motor Typ 1900.1/1 (VEB Elektromotorenwerk Hartha)	W 34	
		T 31	

Erforderliche Ausgangswerte des Netztrafos für eine Anlage mit einem Motor:

110 V/0,2 A

2, 4, 6, 8, 10, 12 V/0,1 A

Bei Parallelschaltung mehrerer Anlagen sind die erforderlichen Stromwerte zu vervielfachen. Die Versorgung der Transistorschaltungen mit $2 \times 13\text{ V}/0,2\text{ A}$ reicht für maximal 5 Anlagen.

Amateure beobachten und berichten

Beobachtung des detonierenden Boliden vom 4. 10. 1973 und Auswertung

JÖRG MOSCH

Am 4. Oktober 1973 ereignete sich im Raum Thüringen ein Meteorfall, der Aufsehen erregte. Eine Vielzahl von Augenzeugen konnte diese Erscheinung beobachten und eine Spezialistengruppe des Mineralogischen Museums der Naturkundemuseums zu Berlin begann die Untersuchung der Umstände des Falls und die Suche des Endpunktes der kosmischen Bahn des Meteors. Gegenwärtig ist es noch nicht möglich, konkrete Einzelheiten mitzuteilen, da die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind.

Dieser Beitrag gibt die Eindrücke und Beobachtungen eines Amateurastronomen wieder, der den Fall beobachten und weitere Details aus Gesprächen mit anderen Augenzeugen sammeln konnte. Weiterhin wird eine Anleitung zur Auswertung von Beobachtungen an detonierenden Boliden gegeben.

1. Beobachtungen Mosch

1.1 Beobachtungswerte

MEZ:

1973^a 10^m 04^d 21^h 08^m3 (Uhrfehler!)

Helligkeit: heller als Vollmond; demzufolge $-18^m \pm 2^m$

Dauer der Erscheinung: $3^s \pm 1^s$

Geschwindigkeit: mäßig

Beobachtungsgenauigkeit für Endpunkt und gesehenen Bahnabschnitt: mäßig

Beobachtungsbedingungen: mäßig klar, wolkenlos, windstill, etwas Bodennebel, mäßiges Störlicht

Beobachtungsort: 5901 Neustädt, zwischen Neustädt und Sallmannshausen

Koordinaten: siehe I

1.2 Beschreibung

Der Beobachter befand sich zum Zeitpunkt des Beginns der Erscheinung innerhalb einer Schutzhütte und konnte nur durch rasches Verlassen des Raumes das Ende des Ereignisses, wie es in der Karte (1.3) angegeben ist, erkennen. Er wurde durch einen sehr schnell heller werdenden, intensiv schwefelgelben, flackernden Schein, der durch die Fenster auf den Boden der Hütte fiel, aufmerksam. Die Landschaft war taghell erleuchtet. Lediglich das Ende der Bahn durch das Sternbild Aries bis

1.3 Karte des Bahnendes

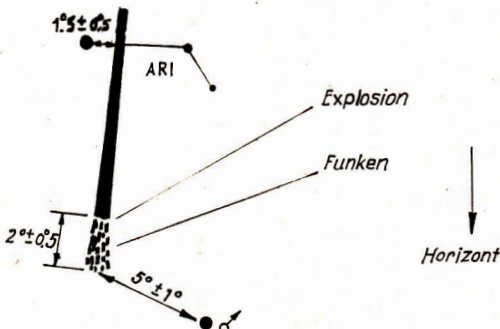


Abb. 1

zur Explosion konnte beobachtet werden. Die Bahn hatte eine deutliche Breitenausdehnung und war von teils bläulicher, teils gelblicher Farbe. Nach der Explosion zerfiel der Körper in zahlreiche Funken, die von links nach rechts die Farben blau, rot und weiß mit allmählichen Übergängen hatten und mit langsamerer, unterschiedlicher Geschwindigkeit, leicht streuend noch $2^\circ \pm 0,5$ fielen und verloschen.

Trotz Suche mit einem Prismenglas 7×40 waren keine Bahnrückstände zu erkennen. Um $21^h 10^m$, also nach einer Zeitspanne $t_0 = 100^s \pm 15^s$ traten gedämpfte, donnerähnliche Geräusche aus östlicher Richtung auf, die auf eine Entfernung des Explosionsortes von $e = 30 \text{ km} \pm 5 \text{ km}$ schließen lassen.

2. Weitere Beobachtungen

Eine Befragung von 12 Augenzeugen, die zwischen den Beobachtungspunkten I und II, mit nur geringen Abweichungen von deren Verbindungslinie, verteilt waren, erbrachte folgende Ergebnisse, wobei die wichtigsten Details tabellenförmig erfaßt und spezielle Einzelheiten gesondert vermerkt wurden. In der Tabelle wurden die Beobachter entsprechend ihrer Reihenfolge von Punkt I zu Punkt II geordnet. Bei den Personen, die durch die Nähe von Schallquellen nicht in der Lage waren, die Detonation zu hören, wurde in der Spalte „Geräusche“ der Vermerk „unmöglich“ eingetragen.

Koordinaten

I: $51^\circ 00' 05'' \pm 05''$ nördlicher Breite
 $10^\circ 06' 05'' \pm 05''$ östlicher Länge

II: $50^\circ 59' 20'' \pm 05''$ nördlicher Breite
 $10^\circ 09' 30'' \pm 05''$ östlicher Länge

2.1 Übersichtstabelle

Bez.	Helligkeit	Geräusche	Dauer der Geräusche Dauer der Ersch.	hauptsächliche Farbe	Flackern	Farbe Körper	Farbe Lichtausbruch
B 1	m > Vollmond	Donner	2 ^s /—	—	ja	—	—
B 2	m > Vollmond	Donner	—/5 ^s	—	ja	—	—
B 3	m > Vollmond	—	—/—	intensiv gelb	ja	gelb	bläulich-grünlich
B 4	m > Vollmond	—	—/—	gelb	ja	—	grünlich, gelblich
B 5	m > Vollmond	unmöglich	unm./3 ^s	bläulich	ja	—	—
B 6	m > Vollmond	Donner	—/3 ^s	grünl.-gelb*	ja	—	—
Mosch	m > Vollmond	Donner	$2 \pm 1^s/3 \pm 1^s$	schwefelgelb*	ja	—	—
B 8	m > Vollmond	Donner	5 ^s /—	—	ja	gelblich	bläulich
B 9	m > Vollmond	Donner	—/—	—	—	—	—
B 10	m > Vollmond	unmöglich	unm. 3–4 ^s	weißlich, grell	nein**	—	—
B 11	m > Vollmond	Donner	5–6 ^s /8 ^s !	gelb → bläulich	—	—	—
B 12	m > Vollmond	Donner	—/—	bläulich	—	bläulich!!	gelb!!
B 13	m > Vollmond	Donner	5–10 ^s /4 ^s	bläulich	—	gelb	blau
Ergebnisse							
	m > Vollmond	Donner	zeitlich und örtlich örtlich diff./ 3 ^s ± 1 ^s	zeitlich diff. gelb → bläulich	ja	gelb	bläulich

* indirekt

** nach B 10 hatte die Erscheinung gleichmäßigen und nicht flackernden Charakter,

2.2 Spezielle Einzelheiten

B 4: anfangs stärkeres Gelb als am Ende

B 8: Anfangspunkt: Richtung OSO, Höhe 80°

Endpunkt: Richtung O, Höhe 30°

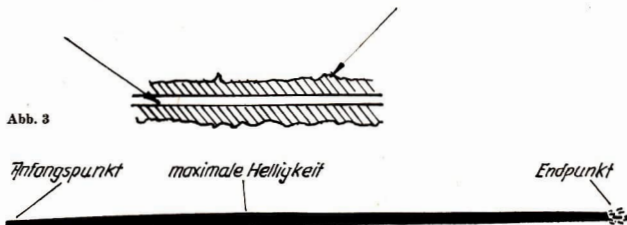


Abb. 2

gelber Körper, an dessen Rückseite sich kurze, rötliche Flammen befanden, von blauem Licht umgeben; dieses blaue Licht rief die große Helligkeit hervor.

B 11: greller gelber Strich von bläulichen Lichtausbrüchen umgeben.

Abb. 3



plötzlicher M- Zuwachs

langsam schwächer werdend

Abb. 4: Die Bahnbreite lief kegelförmig aus, wurde also schmaler!

B 13: Zeitpunkt der Erscheinung: $21^h 06^m 5 \pm 1^m$ (ein genauer Uhrenvergleich war nicht möglich!)
Funken lösten sich auch vor der Explosion vom Hauptkörper. Die Erscheinung war sehr grell, blendete und konnte am besten mit der Flamme eines Schneidbrenners verglichen werden.

3. Resultierende Ergänzungen

Nachfolgend nun die aus den Beobachtungen anderer Augenzeugen zusammengestellten Ergänzungen, wobei Details, die schon in der Hauptbeobachtung erfaßt sind, weggelassen wurden. Die entsprechenden Vergleichswerte sind der Tabelle zu entnehmen.

Der Bolid begann seinen Fall in Richtung OSO, Höhe 80° (B8) und wurde in seiner Bahn rasch heller; den Höhepunkt der Helligkeit erreichte er etwa im ersten Drittel des Bahnverlaufes und wurde danach allmählich lichtschwächer. Dabei muß die Bahnbreiteausdehnung zur Zeit der maximalen Helligkeit größer gewesen sein als gegen Ende. Der Augenzeuge B 11 gibt dabei ein kegelförmiges Auslaufen der Bahn unter gleichzeitiger Helligkeitsabnahme an. Der Körper habe eine gelbliche Farbe gehabt. Er bewege sich wie in einem Schlauch von unregelmäßigen Lichtausbrüchen, die eine intensiv blaue Farbe hatten und ein bläuliches flackerndes Licht auslösten, welches die Landschaft erhellte.

Die Erscheinung war von sehr grellem Charakter und wurde in ihrer Gesamtheit vom Augenzeugen B 13 mit der Flamme eines Schneidbrenners verglichen. Derselbe Beobachter gibt weiterhin Funken an, die sich während des Fallens, also noch vor der Explosion vom Hauptkörper lösten. Insgesamt habe sich der Anteil der Farbe Blau mit Fortschreiten der Erscheinung, so B 11, zuungunsten des gelben Anteils verlagert. Hiermit läßt sich auch die unterschiedliche Farbangabe der einzelnen Beobachter begründen. Der vom Augenzeugen B 8 angeführte rötliche Schein hinter dem Hauptkörper wurde von keinem anderen Beobachter wahrgenommen. Die Aussage des Augenzeugen B 12, daß es sich um ein bläuliches Objekt mit gelben Lichtausbrüchen handelte, muß auf Grund vieler gegenteiliger Angaben als Täuschung betrachtet werden. Interessant ist, daß sich alle Beobachter annähernd entlang der Linie von Punkt I zu Punkt II aufhielten. Diese Linie lag etwa in Richtung des Ereignisses. Auffällig und bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß mit zunehmender Annäherung an den Ort der Erscheinung die Dauer und die Lautstärke des Donners größer eingeschätzt wurden.

Diese Beobachtungen wurden der Sternwarte Sonneberg und dem Mineralogischen Museum des Naturkundemuseums zu Berlin mitgeteilt.

4. Auswertung

In den nachfolgenden Betrachtungen wurde der Versuch unternommen, aus einer Beobachtung den Endpunkt der Bahn des Boliden zu bestimmen. Da die Eingangsgrößen zum Teil erhebliche Toleranzen aufweisen, wurde die Einbeziehung der Fehlerrechnung notwendig. Da diese bei genaueren Werten zum Teil vernachlässigt werden kann, wurden für einen solchen Fall gesonderte Formeln erarbeitet, die eine einfachere Rechnung gewährleisten, ohne die Genauigkeit zu beeinträchtigen. Bei den

angegebenen Fehlern handelt es sich um die größtmöglichen, jedoch recht unwahrscheinlichen Beiträge.

4.1 Lösungsweg

Nach Formel (1) berechnen wir die Entfernung $e \pm \Delta e$ des Beobachters vom Explosionsort.

$$e \pm \Delta e = (t_0 \cdot c) \pm (\Delta t_0 \cdot c) \quad (1)$$

wobei wir die Schallgeschwindigkeit c und die Zeitdifferenz zwischen Explosion und Detonation $t_0 \pm \Delta t_0$ einsetzen. Unter Zuhilfenahme der Koordinaten des Planeten Mars ($RA_{\odot}/D_{\odot}$) nach [2] und der gezeichneten Karte des Bahnendes waren in [1] die Koordinaten des Explosionsortes E_0 ($RA \pm \Delta RA/D \pm \Delta D$) zu bestimmen. In [2] finden wir die Sternzeit Φ zum Zeitpunkt t , der Explosion, die wir zur Berechnung des Stundenwinkels t nach Formel (2) benötigen. $\Delta \Phi$ wurde vernachlässigt.

$$t \pm \Delta t = (RA - \Phi + 24) \pm \Delta RA \quad \Delta t = \Delta RA \quad (2)$$

Mit dem Nomogramm zur Ermittlung von Höhen und Zenitdistanzen [1] bestimmt man die Höhe $h_i \pm \Delta h_i$ über dem Horizont. Die Kulminationshöhe $h_k \pm \Delta h_k$ ergibt sich aus der Formel (3),

$$h_k \pm \Delta h_k = (90^\circ - \varphi_0 + D) \pm \Delta D \quad \Delta D = \Delta h_k \quad (3)$$

wobei die geographische Breite φ_0 des Beobachtungsortes B_0 eingesetzt wird. Die Strecke $b \pm \Delta b$ (Abb. 5) wurde nach Formel (4) berechnet.

$$b \pm \Delta b = (h_k - h_i) \pm 2\Delta h_k \quad (4)$$

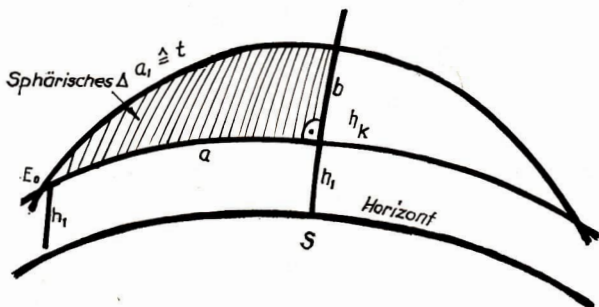


Abb. 5

Die Strecke $a_i \pm \Delta a_i$ erhalten wir durch Umwandlung des Stundenwinkels $t \pm \Delta t$ von Zeitmaß in Gradmaß [1]. Mit Hilfe der Formel (5) berechnet man den Winkel $a \pm \Delta a$.

$$\cos \left(\begin{matrix} + \Delta a^+ \\ - \Delta a^- \end{matrix} \right) = \frac{\cos a_i \mp \sin a_i \cdot \frac{\Delta a \cdot \pi}{180^\circ}}{\cos b - \sin b \cdot \frac{\Delta b \cdot \pi}{180^\circ}} \quad (5)$$

Falls $\Delta a^+ \approx \Delta a^-$, verallgemeinern wir zur Vereinfachung der Rechnung zu Δa . (6)

$$\Delta a = \max \{ \Delta a^+, \Delta a^- \} \quad (6)$$

Das Azimut $a \pm \Delta a$ des Explosionsortes lässt sich nach Formel (7) berechnen.

$$a = 360^\circ - a_i, \Delta a^\pm = \Delta a^\pm \quad (7)$$

Im Zusammenhang mit dem Meteorfall interessiert auch die wahre Höhe des Explosionsortes über der Erdoberfläche. Um diese Berechnung nicht unnötig zu komplizieren, werden die Höhe des Bodenreliefs über NN und die Erdkrümmung vernachlässigt. Die Höhe $h \pm \Delta h$ ermittelt man mit Formel (8) (Abb. 6).

$$h \pm \Delta h = (e \pm \Delta e) \left(\sin h_i \pm \cos h_i \cdot \frac{\Delta h_i \cdot \pi}{180^\circ} \right) \quad (8)$$

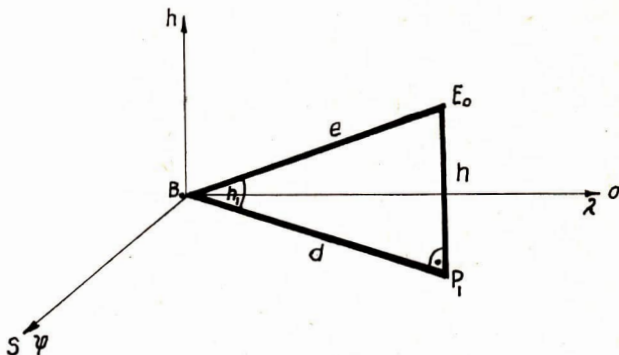


Abb. 6

Im Falle späterer Beobachtungen, bei denen kleinere Δe -Werte bestimmt werden, können auch die Formeln (9) und (10) Anwendung finden.

$$h = e \cdot \sin h_1 \quad (9)$$

$$\Delta h = \pm \cosh_1 \cdot \frac{\Delta h_1 \cdot \pi \cdot e}{180^\circ} \pm \Delta e \cdot \sin h_1 \quad (10)$$

Die Entfernung $\overline{B_0 P_1} = d \pm \Delta d^\pm$, wobei P der Punkt der Erdoberfläche ist, über dem die Explosion erfolgte, wird nach (11) berechnet.

$$d \pm \Delta d^\pm = \sqrt{(e \pm \Delta e)^2 - (h \mp \Delta h)^2} \quad (11)$$

Bei kleinerem Δe kann die etwas einfachere Formel (12) verwendet werden.

$$d \pm \Delta d^\pm = \sqrt{e^2 - h^2} \pm 2(e \cdot \Delta e + h \cdot \Delta h) \quad (12)$$

Für den Fall, daß $\Delta d^+ \approx \Delta d^-$ wenden wir Formel (6) analog an. Zur Bestimmung der Koordinaten des Explosionsortes benötigen wir den Winkel $\beta \pm \Delta \beta^\pm$, der vom Breitengrad des Beobachtungsortes B_0 und der Strecke d eingeschlossen wird. Hierzu gilt Formel (13).

$$\beta = 90^\circ - \alpha_1 \quad \Delta \beta^\mp = \Delta \alpha^\pm \quad (13)$$

Zunächst berechnen wir die Abweichung von P_1 zu B_0 in geographischer Länge λ und in geographischer Breite φ . Dabei gilt für λ die Formel (14) zur Berechnung der Strecke l (Abb. 7).

$$l \pm \Delta l^\pm = (d \pm \Delta d^\pm) \left(\cos \beta \mp \sin \beta \cdot \frac{\pi \cdot \Delta \beta^\pm}{180^\circ} \right) \quad (14)$$

Die vereinfachte Schreibweise $\pm \Delta d^\pm$ steht für $+\Delta d^+/-\Delta d^-$, analoges gilt ebenfalls für alle anderen ungleichen Fehlerpaare. Wenn die Δd -Werte sehr klein und ähnlich sind, ist auch ein Bestimmen von $l \pm \Delta l$ nach (15) und (16) möglich.

$$l = \cos \beta \cdot d \quad (15)$$

$$\Delta l = \frac{d \cdot \pi \cdot \Delta \beta}{180^\circ} \cdot \sin \beta - \Delta d \cdot \cos \beta \quad (16)$$

Zum Berechnen der Strecke f, der Abweichung in φ , benötigen wir (17). Analog zu (15) und (16) gelten (18) und (19).

$$f \pm \Delta f^\pm = (d \pm \Delta d^\pm) \left(\sin \beta \pm \cos \beta \cdot \frac{\pi \cdot \Delta \beta^\pm}{180^\circ} \right) \quad (17)$$

$$f = \sin \beta \cdot d \quad (18)$$

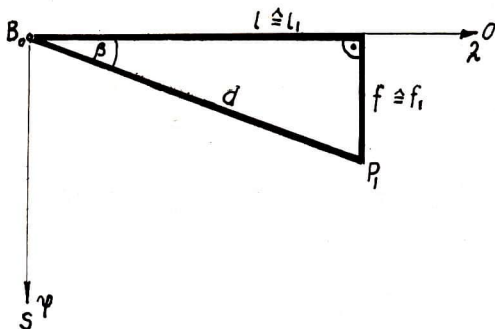


Abb. 7

$$\Delta f = \frac{\pi \cdot d \cdot \Delta \beta}{180^\circ} \cdot \cos \beta + \Delta d \cdot \sin \beta \quad (19)$$

Die Umwandlung der Strecken f und l in die Winkel f und l erfolgt nach den Formeln (20) und (21). Die entsprechenden Fehler bearbeitet man mit (22) bzw. (23). Dabei wurde der Erdradius r in die Formeln (20) und (22) eingesetzt. Δr wurde vernachlässigt.

$$l_1 = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi \cdot r \cdot \cos \varphi} \quad (20)$$

$$f_1 = \frac{f \cdot 1^\circ}{111,3 \text{ km}} \quad (21)$$

$$\Delta l_1^\pm = \frac{180^\circ \cdot \Delta l^\pm}{\pi \cdot r \cdot \cos \varphi} \quad (22)$$

$$\Delta f_1^\pm = \frac{\Delta f^\pm \cdot 1^\circ}{111,3 \text{ km}} \quad (23)$$

Für die Ergänzung der Koordinaten von B_0 zu P_1 gelten die Bedingungen (24) und (25).

$$\begin{aligned} 0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \text{ und } 360^\circ \geq \alpha > 270^\circ &\leadsto \varphi = \varphi_0 - f_1 \\ 90^\circ < \alpha < 270^\circ &\leadsto \varphi = \varphi_0 + f_1 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} 0^\circ < \alpha < 180^\circ &\leadsto \lambda = \lambda_0 - l_1 \\ 180^\circ < \alpha < 360^\circ &\leadsto \lambda = \lambda_0 + l_1 \end{aligned} \quad (25)$$

Die Fehler $\Delta \varphi$ und $\Delta \lambda_0$ wurden nicht berücksichtigt. Die Größe des in Frage kommenden Gebietes A wurde nach Formel (26) berechnet.

$$A = (\Delta l^+ + \Delta l^-) (\Delta f^+ + \Delta f^-) \quad (26)$$

Zur Erarbeitung dieser Formeln diente Literatur [3], [4] und [11].

4.2 Ergebnisse

Unter Zuhilfenahme von [1], [2] und [10] erfolgte die Bearbeitung der bei der Beobachtung gewonnenen Zahlenwerte. Auf Grund der Vielzahl der Zwischenergebnisse wurden die Resultate in einer Tabelle zusammengefaßt.

Schallgeschwindigkeit $c = 333 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Entfernung $e \pm \Delta e = 30 \pm 5 \text{ km}$

Koordinaten Mars 1973 Okt. 4 [2] $RA_\sigma \pm \Delta RA_\sigma = 2^h 25^m \pm 1^m$

$DO_\sigma \pm \Delta DO_\sigma = +11^\circ 18' \pm 1'$

Koordinaten Explosionspunkt [1] $RA \pm \Delta RA = 2^h 25^m \pm 10^m$

$$D \pm \Delta D = +17^\circ \pm 1^\circ$$

Sternzeit Φ zum Zeitpunkt der Detonation [2] $\Phi = 22^h 02^m 2$

$$\text{Stundenwinkel } t \pm \Delta t = 4^h 23^m \pm 10^m$$

$$\text{Höhe über dem Horizont } h_1 \pm \Delta h_1 = 29^\circ \pm 1^\circ$$

$$\text{Kulminationshöhe von } E_0 \ h_k \pm \Delta h_k = 56^\circ \pm 1^\circ$$

$$\text{Strecke } b \pm \Delta b = 27^\circ \pm 2^\circ$$

$$\text{Strecke } a_1 \pm \Delta a_1 = 65^\circ 75' \pm 2^\circ 5'$$

$$\text{Winkel } a \pm \Delta a = 63^\circ 6' + 2^\circ 4' - 5^\circ 0'$$

$$\text{Azimut } \alpha \pm \Delta \alpha = 294^\circ 4' + 5^\circ 0' - 2^\circ 4'$$

$$\text{Höhe über der Erdoberfläche } h \pm \Delta h = 14,4 \pm 3,1 \text{ km}$$

$$\text{Entfernung } B_0 P_1 \ d \pm \Delta d = 26,3 + 7/-9 \text{ km}$$

$$\text{Winkel } \beta \pm \Delta \beta = 26^\circ 4' + 5^\circ 0' - 2^\circ 4'$$

$$\text{Radius der Erde } r = 6370 \text{ km}$$

$$\text{Strecke } l \pm \Delta l = 23,4 + 7,0/-7,3 \text{ km}$$

$$\text{Strecke } f \pm \Delta f = 11,7 + 4,1/-3,7 \text{ km}$$

$$\text{Winkel } l_1 \pm l_1 = 20^\circ 15' + 5^\circ 55' - 6^\circ 20'$$

$$\text{Winkel } f \pm \Delta f = 06^\circ 18' + 2^\circ 13' - 1^\circ 59'$$

wahrscheinlichster Punkt, über dem die Explosion erfolgte $P_1 \ \varphi_1 = 50^\circ 53' 47''$ nördlicher Breite

$$\lambda_1 = 10^\circ 26' 20'' \text{ östlicher Länge}$$

$$\text{Möglicher Bereich } \varphi = 50^\circ 51' 34'' \text{ bis } 50^\circ 55' 46'' \text{ nördl. Breite}$$

$$\lambda = 10^\circ 32' 15'' \text{ bis } 10^\circ 20' 00'' \text{ östlicher Länge}$$

$$\text{Fläche } A = 111,5 \text{ km}^2$$

4.3 Zusammenfassung

Die Feuerkugel beendete ihre Bahn in einer Höhe von $14,4 \pm 3,1$ km über dem Punkt P_1 der Erdoberfläche in einem Abstand von 30 ± 5 km vom Beobachtungspunkt B_0 . Diese Auswertung zeigt, daß bei detonierenden Boliden bereits eine Bestimmung des Endpunktes der Bahn aus einer Beobachtung möglich ist. Allerdings ist das in Frage kommende Gebiet mit $111,5 \text{ km}^2$ sehr groß. Da es sich hierbei nicht um den Niedergangsort handelt, ist eine Suche, nicht nur auf Grund des großen möglichen Gebietes, basierend auf dieser Beobachtung unmöglich.

Hierzu ist eine Auswertung aller gewonnenen Beobachtungen dieser Erscheinung notwendig, die dann auch eine Suche nach eventuellen Bruchstücken des Meteoriten gestatten wird. Zur Bearbeitung solcher und ähnlicher Beobachtungen können die hier angeführten Formeln Verwendung finden.

Der Autor (Meißen, Gartenstr. 16) ist bereit, andere Beobachtungen dieser Erscheinung an die entsprechenden Institutionen zu vermitteln. Dipl.-Mathematiker Günter Reissig, Leipzig, der großen Anteil an der Erarbeitung der mathematischen Auswertungsprinzipien hat, sei auch hier gedankt.

Literatur:

- [1] Ahnert, Dr. Paul, Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen, J. A. Barth Verlag Leipzig, 1968, S. 38, S. 123.
- [2] Ahnert, Dr. Paul, Kalender für Sternfreunde 1973, J. A. Barth Verlag, 1972, S. 69, S. 97. — [3] Autorenkollektiv, Kleine Enzyklopädie Mathematik, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, 1968, S. 621 ff. — [4] Bartsch, H.-J., Mathematische Formeln, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1972, S. 85 ff. — [5] Brandt, Rudolf, Himmelsbeobachtung mit dem Feldstecher, J. A. Barth Verlag, 1972, S. 83 f. — [6] Hoffmeister, Prof. Dr. C., Meteorströme, J. A. Barth Verlag Leipzig, 1948, versch. Abschnitte. — [7] Hoppe, Prof. Dr. J., Planeten — Sterne — Nebel, VEB Verlag Enzyklopädie, Leipzig, 1961, S. 120 ff. — [8] Kulkowski, P. G., Sprawocznik ljubitelja astronomii, Verlag „Nauka“, Moskau 1972, S. 103. — [9] Autorenkollektiv, Meteoritika, Verlag „Nauka“, Moskau 1969, versch. Abschnitte. — [10] Müller, Dr. Fritz, Fünfstellige logarithmische und andere mathematische Tafeln, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1957. — [11] Simon/Stahl, Mathematik, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1969, S. 615 f.

Helle Meteorerscheinung am 20. März 1974

Von drei Beobachtern wurde 1974 III 20 in Eilenburg ein helles Meteor beobachtet, aus deren übereinstimmenden Aussagen sich ergibt:

Zeitpunkt der Erscheinung: $20^h 41^m$ MEZ, Leuchtdauer: 2 s, scheinbare Helligkeit: -4^m

scheinbare Koordinaten:

	R.A.	Dekl.
	h min	o
Beginn	8 10	- 5
Ende	8 45	- 12

Färbung des Lichtes: Kopf weiß, dahinter orange. — Schweif: nachleuchtend; Rauchentwicklung. — Lichtausbrüche waren nicht beobachtbar.

RENE BRÄUNIG

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR — Mitglied der IAF

Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt,
Dr. Eberhard Hollax, Heinz Mielke, Wissenschaftlicher Sekretär: Dipl.-Gewi. Herbert Pfaffo

10 Jahre Kosmonautenzentrum Karl-Marx-Stadt

Die ersten Flüge des Menschen im irdischen Raum, die Begeisterung der Teilnehmer am IV. Pioniertreffen 1961 in Erfurt über die zum großen Pionierfest aufgebaute Pionier-Rakete und auch die sich entwickelnde Popularität der Kosmosforschung anfangs der 60er Jahre veranlaßte das Organisationskomitee des V. Pioniertreffens in Karl-Marx-Stadt dazu, den Bau eines Kosmonautenzentrums zu planen. Besonders dem Einsatz des damaligen stellv. Vorsitzenden der Bezirksleitung der Pionierorganisation „Ernst Thälmann“ Karl-Marx-Stadt, Horst Messerke, ist es zu danken, daß dieses Projekt realisiert wurde. In 11wöchiger Bauzeit schufen Arbeiter Karl-Marx-Städter Bau- und Industriebetriebe, Angehörige der Feuerwehr und der VP-Bereitschaft sowie Wismut-Kumpel, was es bis dahin noch nicht gab: eine Kinderrakete, groß wie eine vom Typ „Wostok“. Der Freie Deutsche Gewerkschaftsbund, der die Mittel zur Verfügung stellte, machte den Kindern unserer Republik diese Volksbildungseinrichtung anläßlich des V. Pioniertreffens im August 1964 zum Geschenk.

Das Pionierhaus „Juri Gagarin“, dem das Kosmonautenzentrum heute als Abteilung angeschlossen ist, begann die recht komplizierte Ausarbeitung von Formen und Methoden erzieherisch wertvoller populärwissenschaftlicher Arbeit mit Kindern und Jugendlichen auf dem Gebiet der Weltraumforschung. Die Schwierigkeit bestand vor allem darin, daß es damals keine feste Vorstellung zur Arbeit auf diesem Gebiet gab.

Ergebnis der Auseinandersetzungen zur o. g. Problematik war eine von der Stadtleitung der Pionierorganisation beschlossene Konzeption für die Entwicklung der Tätigkeit im Kosmonautenzentrum und für die entsprechende Neuausstattung der Testräume und der Rakete.

Am 8. Mai 1966 wurde den Jungen Pionieren diese einmalige Volksbildungseinrichtung für die ständige Erziehungs- und Bildungsarbeit übergeben.

Die erste Aufgabe bestand in der Entwicklung der Massennarbeit. In der Konzeption war das so einfach: „Besuch des Zentrums durch geschlossene Pionier- und FDJ-Gruppen...“. Aber wie, wann und mit welchen Kräften? — Probleme steckten in den kleinsten Fragen — sie mußten gelöst werden! Zuerst wurden Erfahrungen gesammelt beim „Abfertigen“ der Gruppen; dann wurde ein Stamm von Kindern und Jugendlichen herangebildet und befähigt, alle Besucher — Kinder, Jugendliche, Erwachsene aus dem In- und Ausland — vorbildlich zu betreuen.

Dabei bildeten sich folgende Kriterien für den Inhalt der Betreuung heraus:

Erziehung zur Freundschaft zur Sowjetunion — Stolz auf die Erfolge der Arbeiterklasse der DDR, repräsentiert am Geschenk des FDGB — Stolz auf die sozialistischen Errungenschaften bei der Bewingung des Weltraumes — Liebe und Achtung gegenüber den sozialistischen Kosmonauten, den Vorbildern der Kinder und Jugendlichen — diszipliniertes Lernen; denn Hauptaufgabe jedes Schülers ist ständiger Kampf um höhere Leistungen — aktive Auseinandersetzung mit diesen Problemen in den Tests und auch bei den Flügen — die populärwissenschaftliche Bildungsarbeit muß der Herausbildung der wissenschaftlichen Weltanschauung dienen — Kosmos-Forschung wird mit den Mitteln und Erkenntnissen betrieben, die sich die Menschen auf der Erde erungen haben, — auch die Gesetze des Kosmos sind erkennbar — erziehungs- und Bildungsarbeit, besonders auf speziellen Gebieten, muß altersbezogen sein.

Besucherstatistik der Jahre 1966 bis 1973:

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Gesamt	5000	15000	8594	10235	17860	15730	11256	17380
davon Ausland			731	576	655	666	771	1106

Voraussetzung für die gute Betreuung dieser Besucher ist ein Stamm von Kindern und Jugendlichen, die klassenbewußt und sachkundig an die Lösung dieser anspruchsvollen Aufgabe herangehen — das Stammpersonal!

Es war notwendig, Bedingungen für die Arbeit der Mitglieder des Stammpersonals während des ein- bis dreimaligen wöchentlichen Dienstes in Testräumen und Rakete zu schaffen, die Aktivität der Kinder und Jugendlichen auf ihre eigene Erziehung und Qualifizierung zu lenken.

Dabei wurden vielfältige Formen und Methoden entwickelt:

- das Qualifizierungssystem mit Qualifizierungsspannen auf der Grundlage der Spektralfarben für alle Mitglieder des Kosmonautenzentrums
- der Wettbewerb des Test- und Raketenpersonals
- der materielle Anreiz für die Helfer
- die Winterausbildung zu politischen und astronautischen Problemen, an Geräten und im Sprechen
- Qualifizierungslehrgänge für Astronomie/Astronautik und im Funken mit touristischen Abschlüßungen
- der Karl-Marx-Wettstreit für fortgeschrittene Qualifizierung von Jugendlichen

Übersicht: Mitglieder des Stammpersonals

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Kinder	33	26	41	34	33	27	25	28
Jugendliche	13	17	9	12	14	22	28	24
Gesamt	46	43	50	46	37	49	53	52

Bei der Organisierung der Arbeit im Kosmonautenzentrum waren die zahlreichen Kontakte mit Schulsternwarten unserer Republik, mit den Klubs Junger Kosmonauten Berlin und Leipzig und den Klubs in Moskau und Leningrad sowie mit Fachwissenschaftlern unseres Bezirkes und der Republik eine gute Unterstützung. Besonders erfolgreich zeigte sich die Zusammenarbeit mit der Schulsternwarte und Satellitenbeobachtungsstation Rodewisch und dem Präsidium der Astronautischen Gesellschaft der DDR, deren Mitglied das Kosmonautenzentrum ist. In vielen Erfahrungsaustauschen, vor allem zu methodischen Problemen, wurde gelernt, „wie man es macht“ oder auch, „wie man es nicht macht“.

Die ständige Suche nach neuen Möglichkeiten und Methoden diente stets der Verbesserung des Inhaltes der massenpolitischen Arbeit. Beispiele:

- 2 neue Flugprogramme für die Rakete wurden geschaffen
- der Kurs Astronautik für Schüler der 5. Klassen wurde ausgearbeitet und wird jährlich mit 100 – 200 Schülern durchgeführt.
- die Entwicklung des Vortragswesens wurde mit dem Vortrag „Lunochod“ begonnen
- die Formen der Betreuung der Besucher wurden vervielfacht.

Im Jahre 1967 begann die Realisierung der in der Konzeption vorgesehenen 2. Etappe:

Im Zusammenhang mit der Ausarbeitung der neuen Flugprogramme entstanden die Arbeitsgemeinschaften Ton-Film-Studio und Elektroakustik. Die Tätigkeit dieser beiden AG diente vor allem der Verbesserung der Massenarbeit.

1968 entstand die erste Arbeitsgruppe, die Dokumentation. Das von dieser Gruppe geschaffene Archiv dient seither als Quelle umfangreicher fachbezogener Kenntnisse für die politische Massenarbeit und die spezielle Tätigkeit.

In den folgenden Jahren entwickelte sich auch die Arbeit von Arbeitsgemeinschaften, deren Tätigkeit vorwiegend nach innen, also auf den Erwerb bzw. die Vertiefung von Kenntnissen gerichtet ist, wie z. B. Astronomie, Funken, Nachrichtentechnik, Meteorologie.

Seit 1970 nehmen die Arbeitsgemeinschaften und -gruppen an der MMM-Bewegung teil.

Kollektive, Arbeitsgebiete und -ergebnisse

Im Kosmonautenzentrum gibt es folgende Kollektive, Arbeitsgebiete und -ergebnisse (1972/73):

Insgesamt arbeiten über 100 Kinder und Jugendliche im Stammpersonal, den Arbeitsgemeinschaften und -gruppen mit. Außerdem arbeiten im Kosmonautenzentrum eine Grundorganisation der GST und ein Jugendklub. Die Arbeit ist auf 4 Standorte in der Stadt Karl-Marx-Stadt verteilt:

- das Kosmonautenzentrum mit Rakete und Testgebäude im Kiechwaldpark
- Arbeitsräume und Büro im Pionierhaus „Juri Gagarin“
- Wetterstation in der Schloß-Oberschule
- Mitbenutzung der Schulsternwarte der Lessing-OS I

Zwei hauptamtlich tätige Pädagogen zeichnen für die gesamte Arbeit im Kosmonautenzentrum verantwortlich.

Weitere Entwicklung

Die weitere Entwicklung der Arbeit des Kosmonautenzentrums ist in zwei Hauptrichtungen vorgesehen:

1. Quantitative und qualitative Erweiterung der fachbezogenen politischen Massenarbeit besonders unter den 10 – 16jährigen Schülern.
2. Weiterentwicklung der Tätigkeit von Arbeitsgemeinschaften und -gruppen.

In der Perspektive soll die Einrichtung um eine Sternwarte und ein Planetarium erweitert werden.

Stammpersonal

Testpersonal
Raketentechnische
Helfer

Öffentlichkeitsarbeit

Kosmonautentests
Simulierte Raumflüge
Besichtigungen
Souvenir basteln
Andenkenverkauf
Abzeichentausch
Ausstellung „Orbitalstation“
Wissensstraße „Künstliche Erdsatelliten im Dienste des Menschen“
Vortrag mit Zeichenwettbewerb „Lunochod“
Vorträge zu gewünschten Themen
Kurs Astronautik für 5. Klassen
1. Astronautische Grundfragen
2. Die sowjetischen Kosmonauten
3. Experimentalvortrag Raketentechnik

Arbeit mit den Kindern und Jugendlichen des Stammpersonals:

Ständiger Wettbewerb
Laufende Qualifizierung

Arbeitsgruppen

Information
Dokumentation
Korrespondenz
Technischer Dienst

Sammlung und Auswahl von Informationen
Aufbereitung und Speicherung von Informationen
Anfertigung von Auszügen aus dem Archiv

Arbeitsgemeinschaften

Astronomie
Ton-Film-Studio
Nachrichtentechnik
Funken I
Funken II
Meteorologie

Vorbereitung auf Mitarbeit an der Beobachtung der Sonne;
Anfertigung eines Sternbildkataloges
Arbeit an Filmen, Dias und Tonbändern für die politische Massenarbeit
Bau von Nachrichtengeräten, Vorbereitung auf die funktionstechnische Satellitenbeobachtung
Erlernen des Morsealphabets, Kennenlernen einfacher Nachrichtengeräte
Systematische Wetterbeobachtung, Anfertigung einer Temperaturkarte
Beteiligung an der MMM
Karl-Marx-Wettbewerb

Winterausbildung
Qualifizierungslehrgänge
Astronomie/Herbst
Funken/Winter
Karl-Marx-Wettbewerb

Vorbereitung von Vorträgen durch Texte und Dias

Schriftverkehr mit 5 Partnern in der UdSSR

Übersetzung sowjetischer Literatur
Fremdsprachliche Führungen
Bau, Pflege und Wartung von Geräten und Anlagen
Beteiligung an der MMM
Karl-Marx-Wettbewerb

Aus der Literatur

Erste Ergebnisse von Orion 2

G. GURSADJAN

Wissenschaftlicher Leiter des Experiments

Die Besatzung von Sojus 13 hat Kassetten mit Filmen zur Erde gebracht, die vom Weltraumobservatorium Orion 2 aus aufgenommen wurden. Damit endete die erste Etappe des Experiments mit Orion 2, die Orbitaletappe, und die zweite, die irdische, begann. Das Fotomaterial wurde in Laboratorien weiterbearbeitet. Die Untersuchung der Spektrogramme und die Auswertung der Ergebnisse nehmen Zeit in Anspruch. Doch bereits heute lassen sich einige Schlüsse ziehen.

Hauptziel des Experiments war es, Ultraviolettpektren einer großen Anzahl von Sternen in einzelnen Gebieten des Himmels zu gewinnen. Die besondere Aufmerksamkeit gehörte dabei den lichtschwachen Sternen. Erfreulich ist zunächst der Hintergrund der Aufnahmen. Einen Schleier vom Leuchten des Nachthimmels — eine Störung bei astrophysikalischen Beobachtungen von der Erde aus — haben die Filme aus dem Weltraum nicht. Dadurch sind die Spektrogramme recht deutlich, was ihren Informationswert erheblich steigert und die Effektivität des Teleskops stark vergrößert. So konnten Aufnahmen von lichtschwachen Sternen angefertigt werden. Wir haben Ultraviolettpektren von Sternen der 12. astronomischen Größenklassen in einem Wellenlängenbereich von weniger als 3000 Ångström. Diese Sterne weisen weniger als ein Tausendstel der Leuchtkraft jener auf, die der Mensch mit bloßem Auge wahrnehmen kann.

Eine große Rolle spielt in dem Experiment die stabilisierte Plattform. Sie gewährleistete, daß ein Stern mit einer Genauigkeit von wenigen Bogensekunden verfolgt werden konnte. Wertvoll ist, daß diese Stabilisierung im gesamten Zeitraum aufrechterhalten werden konnte, in dem das Raumschiff den Schattenanteil der Umlaufbahn passierte, das heißt 30 Minuten lang. Die Entwicklung der stabilisierten Plattform war an sich ein sehr kompliziertes technisches Problem. Auch die rein navigatorischen Schwierigkeiten waren groß. Sogar die Wahl der Leitsterne für jede Umkreisung ist bei weitem keine einfache Aufgabe.

Für die Beobachtungen hatten wir folgende Methodik gewählt. Schon auf der Sonnenseite, lange vor dem Wegtauchen in den Erdschatten, nahm Sojus 13 die erforderliche räumliche Lage zum Himmelsgewölbe ein. Zu dem Zeitpunkt, zu dem das Raumschiff in den Schatten eintauchte, war eines seiner Bullaugen stets dem Leitstern zugewandt, der im Mittelpunkt des uns interessierenden Himmelsbereiches lag. Der Raumflieger peilte zunächst den ersten, dann den zweiten Leitstern mit einem speziellen Visiersystem an. Auf diese Weise war Orion 2 auf den erforderlichen Bereich des Himmels ausgerichtet, im weiteren wurde seine Stabilisierung automatisch gesteuert.

Jedesmal, wenn das Raumschiff in den Erdschatten eintauchte, war ein bestimmtes Gebiet des Himmels ausgewählt worden. Die Sterne wurden mit unterschiedlichen Belichtungen — zwischen einer und achtzehn Minuten — spektrographiert. Die Bildqualität hing vor allem von der Genauigkeit der Stabilisierung ab. Besonders gut sind die Aufnahmen vom Bereich um Capella, den Stern α des Sternbilds Fuhrmann: Von vielen Himmelskörpern konnten ausgezeichnete Ultravioletspektren gewonnen werden. Eine große Zahl von Kurzwellenspektren wurde auch von Sternen aus den Sternbildern Cassiopeia, Stier und anderen angefertigt.

Nach vorläufigen Ergebnissen hat uns Orion 2 Ultravioletspektren von mehr als 3000 Sternen geliefert. Die Gesamtzahl der Spektren, die sich für die Weiterbearbeitung eignen, liegt bei 10000. Sie fallen in den Wellenlängenbereich zwischen 3000 Ångström (0,3 Mikron) und 2000 Ångström (0,2 Mikron), in dem sich von der Erde aus absolut nichts beobachten läßt. (Diese Strahlung läßt unsere Lufthülle nicht hindurch.) Deshalb ist es vorteilhaft, ein Observatorium aus der Atmosphäre hinauszubefördern.

Den sowjetischen Astrophysikern ist somit wertvolles und vielfältiges Material in die Hand gegeben. Die Spektren stammen von Sternen unterschiedlichster physikalischer Arten, die über einen riesigen Raum verteilt sind. Auf jedem Bild, das mehr als 20 Quadratgrad des Himmels erfaßt, sind mehrere hundert Sterne gleichzeitig zu sehen, die unter absolut gleichen Bedingungen aufgenommen sind.

Die astrophysikalischen Probleme, die mit Ultravioletspektrographie gelöst werden, sind sehr umfassend. Die jetzt vorliegenden wertvollen Informationen geben uns einen besseren Einblick in die komplizierten physikalischen Vorgänge in den Atmosphären der Sterne, den Mechanismus ihrer Bildung, Entstehung und ihre Entwicklungsgesetzmäßigkeiten.

Zum Beispiel herrscht die Meinung vor, daß es nur im Innern der Sterne zu thermonuklearen Reaktionen komme. In jüngster Zeit jedoch gibt es Anzeichen dafür, daß sich solche Reaktionen möglicherweise auch in den Außengebieten der Sterne abspielen. Dabei wird außerdem eine starke kurzwellige Strahlung abgegeben. Die Astrophysiker beobachten häufig sogenannte nichtstationäre Erscheinungen, bei denen sich das Strahlungsvermögen eines Himmelskörpers und sogar die Zusammensetzung der Strahlung rasch verändern. Oft ist sie nicht durch thermische Strahlung, das heißt nicht durch erhitztes Gas verursacht, sondern wird unter spezifischen Bedingungen von Elementarteilchen hoher Energie erzeugt. Der Hauptteil dieser nichtthermischen Strahlung entfällt offenkundig auf den ultravioletten Spektralbereich und läßt sich wiederum durch Analyse von Spektrogrammen ermitteln.

Die Aufnahmen, die auf der Umlaufbahn aufgenommen wurden, können zur Spektralklassifizierung schwacher Sterne verwendet werden. Das ist für die stellare Statistik und die Kosmogonie von großem Interesse.

Wir haben hier nur einige der Richtungen genannt, in denen die Aufnahmen ausgewertet werden. Daneben lassen sich auch konkrete Ergebnisse nennen, die allerdings noch präzisiert werden müssen. Schon einer flüchtigen Durchsicht der Spektrogramme von Orion 2 ist beispielsweise zu entnehmen, daß es im Bereich des Himmels um Capella weit mehr heiße Sterne gibt, als früher bekannt war. Dabei sind diese heißen Sterne zugleich sehr lichtschwach. Für die stellare Kosmogonie kann diese Tatsache von großer Bedeutung sein.

Beim Experiment mit Orion 2 sah man im wesentlichen vor, kontinuierliche Sternspektren zu untersuchen. Auf den Bildern vieler Objekte sind jedoch einzelne Spektrallinien zu erkennen, die zu verschiedenen chemischen Elementen gehören. Besonders deutlich erkennbar ist eine Linie der Wellenlänge von etwa 2800 Ångström, die zu ionisiertem Magnesium gehört. Sie ist eine wichtige Quelle für Informationen über die Sternatmosphären, und wir hoffen, bei ihrer Untersuchung die Gesetzmäßigkeiten des „Verhaltens“ dieser Linie bei Sternen unterschiedlicher Temperatur, Masse, Größe und

anderer physikalischer Eigenschaften ermitteln zu können. Die erfolgreiche Erfüllung des Programms mit Orion 2 verdanken wir vor allem der meisterhaften Arbeit, die die Raumflieger Pjotr Klimuk und Walentin Lebedew auf der Umlaufbahn geleistet haben. Sie wurden am Observatorium Bjurakan unterwiesen.

Orion 2 hat die weitgehenden Möglichkeiten gezeigt, die die Raumschiffe vom Typ Sojus für komplizierte und hochpräzise astronomische Experimente haben. Auch die Geräte von Orion 2 haben sich als zuverlässig erwiesen. Das Instrument ist mit einer hochpräzisen Quarzoptik, einer zuverlässigen Elektromechanik und einer komplizierten, aber kompakten Elektronik ausgestattet. Die Ergebnisse von Orion 2 sind ein großer Erfolg des Kollektivs von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Arbeitern, die Herstellung und Einsatz der Geräte gewährleistet haben. Die Erfahrungen bestätigen, daß astro-physikalische Beobachtungen mit Teleskopen und ganzen Observatorien außerhalb der Erdatmosphäre hohen Nutzen bringen und Perspektiven für weitere Forschungen eröffnen.

Aus: „Prawda“, 9. 2. 74 nach PdsU 11/74.

Neue Objekte im Andromedanebel

Der Andromedanebel ist am nördlichen Sternhimmel mit bloßem Auge im Sternbild gleichen Namens zu beobachten. Er war seit jeher Gegenstand von Untersuchungen und ist relativ gut erforscht. Bereits 1932 wurde die Lage von 140 diffusen Objekten in diesem Nebel beschrieben. Einzelne Sterne und die sogenannten kompakten Galaxien weisen auf Fotografien gewöhnlich scharfe Konturen auf, während bei Sternhaufen wegen deren großer Ausdehnung im Raum keine Bildscharfe zu erreichen ist; sie erscheinen verschwommen, diffus.

Im Andromedanebel sind gegenwärtig 273 derartige Kugelsternhaufen bekannt. Offensichtlich ist diese Aufstellung jedoch unvollständig, da bisher nur Gebiete erforscht wurden, die nahe dem Zentrum des Nebels liegen. Allerdings muß man berücksichtigen, daß der Begriff „nahe“ in astronomischen Maßstäben gebraucht ist.

Auf Grund der Arbeiten, die in jüngster Zeit am astrophysikalischen Observatorium der Akademie der Wissenschaften der Lettischen SSR in Baldon vorgenommen wurden, konnten in zentrumsfernen Bereichen des Andromedanebels weitere 25 diffuse Objekte festgestellt werden. Bei der Arbeit mußten mehr als 150000 Abbildungen dieses Himmelsabschnitts gemacht werden. Die Objekte sind von mittlerer Helligkeit und auf dem Hintergrund des hell leuchtenden Nebels nur schlecht sichtbar. Sie sind entlang einer langgestreckten Ellipse angeordnet und konzentrieren sich deutlich auf den Nebel.

Aus: „Nauka i shisn“, Nr. 8/73 nach PdsU 11/74.

Neue Supernova entdeckt

Eine neue Supernova hat der ungarische Astronom Miklos Lovas vom Observatorium des Piszkestető (Berg im Matragebirge) aus entdeckt. Sie befindet sich in einer der Galaxien des Ursa major-Haufens. In Ungarn wurde vor zehn Jahren mit der Supernova-Forschung begonnen. Die erste entdeckten die Astronomen der Ungarischen Volksrepublik am 12. 3. 1964. Seitdem erreichten sie international beachtete Ergebnisse auf diesem Forschungsgebiet; sie entdeckten bisher 16 Supernova.

ADN 5. 3. 74

Gedanken zur weiteren Erforschung der Venus

Die Venus ist, wie wir wissen, ein sehr interessanter Planet, der in vielerlei Hinsicht unserer Erde ähnelt. In Größe und Masse sind sie fast gleich. Es stimmt zwar, daß die Entfernung der Erde zur Sonne und der Venus zur Sonne in einem Verhältnis von 1,4 : 1 steht und die Venus auf einer Flächeneinheit die doppelte Wärmemenge erhält; doch die Venus-Wolkenschicht reflektiert die Sonnenstrahlung besser, und infolgedessen wird für die Erwärmung des Planeten annähernd dieselbe Menge an Sonnenenergie benötigt.

Die Vermutung, daß Venus und Erde auch in anderer Hinsicht einander ähneln, wurde noch vor ganz kurzer Zeit angenommen. Jedoch zeigte sich, daß beide Planeten trotz der großen Ähnlichkeit auffallende Unterschiede, insbesondere in ihrer Atmosphäre, aufweisen. Heute ist bereits genau bekannt, daß die Atmosphäre der Venus zu 97 % aus Kohlendioxid besteht. Der Stickstoffgehalt liegt nicht über 2 %, der Sauerstoffgehalt ist geringer (etwa 0,10 %) und der Wasserdampfgehalt in der Nähe der Wolkenschicht liegt unter 1 %. Die Temperatur an der Oberfläche erreicht fast 500 °C und der Druck mehr als 90 at.

Nach den heutigen Erkenntnissen sind die Atmosphären der Planeten durch Vulkantätigkeit entstanden. Auf Grund der Massengleichheit und folglich auch der anzunehmenden Ähnlichkeit im inneren Aufbau kann erwartet werden, daß die vulkanischen Prozesse auf der Erde und auf der Venus etwa gleich verlaufen. Während der Evolution beider Planeten

gaben die Vulkane etwa die gleiche Menge Kohlendioxid an die Atmosphäre der Planeten ab. Doch warum verlief die weitere Entwicklung der Atmosphären ganz unterschiedlich? Eine Antwort auf diese Frage gibt es noch nicht.

Die Amerikaner planen, 1977 die Station Venus-Pioneer zu starten, die unseren jüngsten Venus-Stationen ähnelt. Mit diesen Raumflugkörpern kann eine vertikale Untersuchung durch die Planetenatmosphäre vorgenommen und das Gebiet der Oberfläche am Landepunkt des Landegeräts erforscht werden.

Größere Möglichkeiten könnten Geräte bieten, die die Atmosphäre des Planeten längere Zeit untersuchen könnten. Sie müßten ähnlich wie ein modernes Flugzeug oder Mondfahrzeug gebaut sein, das Bodenproben an verschiedenen Stellen der Oberfläche analysieren könnte.

Auf Grund der hohen Dichte der Venusatmosphäre, des Drucks und der Temperatur ist es nicht einfach, solche Geräte zu konstruieren.

Die Dichte der Venusatmosphäre beträgt etwa das 40- bis 50fache der Erdatmosphäre, und ihr Druck entspricht dem Druck in etwa 1 km Meeres Tiefe. Dieses Gerät müßte für einen Flug in die Venusatmosphäre die Eigenschaften eines Flugkörpers mit denen eines Tiefseeforschungsgerätes vereinen und außerdem den Einwirkungen hoher Temperaturen standhalten.

Schwierigkeiten entstehen auch bei der Entwicklung der Stromversorgungsanlage des Forschungsgerätes, da bei ihrem Betrieb nicht der Sauerstoff der Atmosphäre verwendet werden kann, wie dies auf der Erde geschieht. Der Wirkungsgrad von Sonnenbatterien, die zum Beispiel die Mondfahrzeuge mit Strom versorgen, ist in der dichten und dunklen Venusatmosphäre ebenfalls ein Problem.

Eine Analyse der verschiedenen Arten von Forschungsgeräten zeigt, daß mit Luft gefüllte Ballons mit weicher Hülle, die in einer bestimmten Höhe über der Oberfläche des Planeten schweben, die größte Perspektive haben und relativ leicht realisierbar sind. Nach der Flughöhe und der Aufgabenstellung des Gerätes können zwei Arten unterschieden werden: die Höhenflugkörper und die Tiefflugkörper.

Die Höhenflugkörper werden für längere Forschungen in der Atmosphäre bei Abdrift (nach der Art eines freischwebenden Ballons) oder für den gesteuerten Flug (nach der Art eines Luftschiffs) in 50 bis 70 km Höhe eingesetzt. Sie können zur Erforschung der Venusatmosphäre von oben dienen.

Driftende Flugkörper können bei entsprechender Größe selbst als Träger für kleine Forschungsgeräte zur Sondierung der Atmosphärenschichten dienen, die weder für Höhen- noch für Tiefflugkörper zugänglich sind.

Die Tiefflugkörper sind für die Erforschung des Planeten bei Gleitflug oder Streckenflug unmittelbar über der Oberfläche der Venus und für die Landung auf der Venus bestimmt. Wie die Tiefseeforschungsapparate in der Art eines Bathyscaphen oder Bathylplans können sie eine bestimmte Manövrierfähigkeit haben und ein Mittel für die Erforschung der Venusatmosphäre von unten sein.

Analog den irdischen Flugkörpern könnte offensichtlich auch der Venusflugkörper ein Flugzeug, Hubschrauber oder eine Kombination zwischen ihnen sein.

Eine Analyse all dieser Geräte unter Venusbedingungen zeigt, daß Geräte von der Art eines Ballons die größte Nutzlast haben können. Beim Driften benötigen sie keinerlei leistungsstarke Bordanttriebsanlage und folglich auch keine Treibstoffvorräte; sie könnten für lange Forschungen genutzt werden und sind relativ einfach in der Konstruktion. Der Ballon kann mit einem nach unten hängenden Seil, an dem die Forschungsgeräte zur Senkrechtsondierung der Atmosphäre befestigt werden und mit Mechanismen für die Entnahme von Bodenproben ausgestattet werden. Die Länge des Seils ist durch Befestigung von Zwischenauftriebsballons leicht zu vergrößern, die die Last am Seil ausgleichen. Interessant ist, daß die Gondel leicht auch über den Tragballon gehoben werden kann, wenn die entsprechenden Auftriebsballons gewählt werden.

Von Interesse sind auch Geräte, die aus einer Kombination zwischen einem Luftschiff und einem Flugzeug entstehen. Die Tragflächen sind zweckmäßig, wenn Geschwindigkeiten erzielt werden sollen, bei denen die Luftkraft reichlich die Masse der Antriebsanlage und der Tragflächen ausgleicht. Unter irdischen Bedingungen ist diese Kombination normalerweise nicht angebracht, doch auf der Venus hätte dieses Gerät gewisse Vorzüge. Es hat eine große Nutzlast und Manövrierfähigkeit im Raum. Die schwierigste Aufgabe ist hierbei die Entwicklung einer stabilen Ballonhülle.

Nicht ausgeschlossen ist die Möglichkeit des Einsatzes eines Flugkörpers mit veränderlicher Geometrie, z. B. eines „Flachballons“. Die Form dieses Gerätes kann je nach dem Druck des Mediums scheibenförmig, rund oder zylindrisch sein. Bei großer Belastung in der Atmosphäre hat dieses Gerät die Form einer Scheibe und verfügt folglich neben der aerostatischen Kraft noch über den Auftrieb, wodurch es eine große Manövrierfähigkeit besitzt. Die Höherentgunglichkeit und Tragfähigkeit dieser aerostatischen Flugkörper mit veränderlicher Geometrie sind hervorragend.

Die Tiefflugkörper können wie ein Bathyscaph mit geringer Manövrierfähigkeit in Oberflächennähe, wie ein Bathyplan, der in geringer Höhe im Gleitflug fliegt, oder auch wie Luftkissenfahrzeuge konstruiert sein, die in Oberflächennähe fliegen. Ihre Konstruktionsvarianten sind sehr vielfältig.

Wie könnten all diese Flugkörper jedoch von der Erde in die Venusatmosphäre gebracht werden?

Offensichtlich ergeben sich die größten Schwierigkeiten beim Transport von Geräten mit starrer Konstruktion. Sie sind natürlich unter Berücksichtigung der Transportmöglichkeiten der Trägersysteme zu entwickeln. Die wichtigste geometrische Größe, die heute das Volumen der Nutzlast bestimmt, ist der höchstzulässige Durchmesser des Körpers der letzten Stufe der Trägersysteme. Wie Berechnungen zeigen, kann z. B. eine Trägersysteme mit einem Durchmesser von etwa 6 m ein Gerät mit starrer Ballonhülle auf die Venus bringen, das an der Planetenoberfläche etwa 6 MP Tragfähigkeit hat. In einer Höhe von 15 km sinkt seine Tragfähigkeit auf 3 MP. Dies ist sehr wenig, wenn man bedenkt, daß Hülle und Betriebssysteme dieses Gerätes den überwiegenden Teil der Masse ausmachen. Deshalb können mit den vorhandenen Trägersystemen einstellen nur Geräte mit weicher Hülle oder solche mit geringer Manövrierfähigkeit wie die Bathyscaphen auf die Venus gebracht werden.

In Zukunft werden wahrscheinlich Geräte jeder Konstruktion in eine erdnahe Umlaufbahn und dann mit Raumtransportern auf die Venus zu bringen sein.

Auf jeden Fall werden die Erfahrungen bei der Erforschung der Venus auch bei der Untersuchung anderer Himmelskörper mit dichten Atmosphären von Nutzen sein.

G. Moskalenko, Kandidat der technischen Wissenschaften, in „Awiazija i Kosmonawtika“ Nr. 10/73 nach PdSU 52/73.

100 blaue Galaxien entdeckt

Über die Entdeckung von 100 blauen Galaxien hat der sowjetische Astrophysiker Wiktor Ambarzumjan die internationale Presse informiert. Diese Sternsysteme wurden von Mitarbeitern der armenischen Sternwarte Bjurakan mit einem Teleskop gefunden, das es ermöglichte, die nur schwer zu ortenden kosmischen Objekte zu fotografieren. Inzwischen sind 604 dieser Markarjan-Galaxien bekannt, die nach ihrem Entdecker, Akademienmitglied Benjamin Markarjan (Sternwarte Bjurakan) benannt wurden.

Die blauen Galaxien strahlen besonders stark im blauen Bereich des Spektrums. Diesen Gegensatz zu den meisten kosmischen Objekten, die gelb leuchten, erklärte Akademienmitglied Ambarzumjan mit einer speziellen energetischen Aktivität im Zentrum dieser Sternsysteme. Die ausgesandte Strahlung ist nichtthermischer Natur. Sie entsteht im Ergebnis noch nicht genau bestimmter Energieumwandlungsprozesse innerhalb der blauen Galaxien.

Diese Sternsysteme gehören zu den interessantesten Forschungsobjekten der modernen Astronomie. Sie sind vor allem dadurch charakterisiert, daß sie sich in einem besonders schnell verlaufenden Entwicklungsprozeß befinden. Die Suche nach weiteren derartigen Sternsystemen und deren wissenschaftliche Untersuchung ist die wichtigste Aufgabe der von Wiktor Ambarzumjan begründeten armenischen astrophysikalischen „Schule“, die auf die Entwicklung der gegenwärtigen Astronomie einen wesentlichen Einfluß ausübt.

Ambarzumjan ist seit vielen Jahren Präsident der armenischen Akademie der Wissenschaften und Leiter der Sternwarte Bjurakan. Als auswärtiges Mitglied gehört er auch der Akademie der Wissenschaften der DDR an. Unter seiner Leitung haben die Bjurakaner Wissenschaftler auch eine Theorie der Helligkeit der Gasnebel entwickelt und arbeiten z. Z. daran, das Alter von Sternen und sogenannter Sternassoziationen exakt zu bestimmen.

ADN 13. 3. 47

Ergebnis der Untersuchung von Mondgesteinsproben durch sowjetische Geochemiker

Daß Mond- und Erdgesteinschichten gleiches Alter haben, ergaben Analysen der Mondgesteinsproben, die von den automatischen Stationen Luna 16 und Luna 20 zur Erde gebracht worden waren. Die Untersuchungen sind unter der Leitung des Vizepräsidenten der Akademie der Wissenschaften, Alexander Winogradow, Direktor des Instituts für Geochemie, durchgeführt worden. Die ermittelten Resultate wurden mit den Ergebnissen amerikanischer Untersuchungen und Beobachtungen verglichen. Dabei erwies sich ungeschmolzenes Regolith mit einem Alter von rund 4,5 Milliarden Jahren als die älteste Gesteinschicht. Weiterhin konnte festgestellt werden, daß viele Mondgesteinschichten, insbesondere Basalte, in ihrem Aufbau den entsprechenden Schichten auf der Erde ähnlich sind. Die Wissenschaftler nehmen an, daß die Kristallisation der Stoffe der Oberflächenschicht auf dem Mond schneller vor sich ging als auf der Erde. Diese Tatsache hat die chemische Zusammensetzung des Mondgesteins wesentlich beeinflusst; es enthält bedeutend mehr Eisen, Titan und andere Metalle. Die sowjetischen Geochemiker sind der Ansicht, daß sich die Bildung der Planeten unseres Sonnensystems in einem einheitlichen Prozeß vollzogen hat. Deshalb werden auf der Venus und auf dem Mars wahrscheinlich ähnlich zusammengesetzte Gesteinschichten zu finden sein wie auf der Erde.

ADN 11. 3. 74

Intelsat V

Ein Konsortium von 18 Firmen verschiedener Länder unter Leitung von Lockheed (USA) hat das Projekt eines Nachrichtensatelliten vorgeschlagen, der geeignet ist, die Anforderungen an eine künftige Nachrichtensatelliten-Generation Intelsat V zu erfüllen. Seine Kapazität soll 50 000 Fernsprechanäle umfassen.

Durch eine Dreifachsenstabilisierung sind Solarpaddeln möglich, die etwa denen von Skylab entsprechen und 5 ... 7 kW liefern. Die Richtgenauigkeit der Antennen liegt bei 0,16°.

Für die Bodenstationen genügen Spiegelantennen von 4 m Durchmesser bei 12 ... 14 GHz.

H. D. N.

Nach: Funkschau, H. 23/1973.

Buchbesprechungen

Astronomie selbst erlebt

Seit 1959 haben sehr viele Jugendliche unsere Oberschulen mit astronomischem Grundwissen verlassen, ist in breiten Bevölkerungskreisen das Interesse an der Astronomie auch durch die Erfolge der Raumfahrt erheblich gewachsen. Es besteht daher ein Bedürfnis nach weiterer Beschäftigung mit astronomischen Beobachtungen. An solche „Anfänger“ der Amateurastronomie wendet sich „Astronomie selbst erlebt“ und hilft damit eine Lücke schließen, die besonders zu spüren war, wenn man eine einfache Beobachtungs- und Selbstbauanleitung suchte.

Es ist das Verdienst des Vorsitzenden des Zentralen Fachausschusses Astronomie des Kulturbundes der DDR, Dr. Klaus Lindner, und des Urania-Verlages, daß diese Lücke jetzt geschlossen wurde. Die gute Gliederung des Buches, seine vorzügliche Ausstattung und Papierqualität, die Vielzahl der Skizzen und Abbildungen lassen es zusammen mit den Arbeitsmitteln Rechenscheibe, drehbare Sternkarte, kleiner Sternatlas, Mondkarte und der Liste lohnender Beobachtungsobjekte zu einem regelrechten Nachschlagewerk für Sternfreunde werden.

Im Kapitel „Wir bauen ein Fernrohr“ finden wir eine sehr gute Bauanleitung, nach der auch handwerklich weniger Versierte zu einem brauchbaren Ergebnis kommen müssen. Angebracht wäre für die Anspruchsvolleren unter den Bastlern der Hinweis auf die Basteloptik vom VEB Carl Zeiss Jena (50/540 mm), die farbkorrigierte Bilder liefert, und die auf jeden Fall empfehlenswerte Anbringung einer Tautappe.

Bei der Beschreibung des Feldstechers wird eine mögliche Zusatzvergrößerung erwähnt, aber nicht beschrieben. Da ein Anfänger damit nichts anfangen kann, hätte zumindest das Prinzip erklärt oder ein Literaturhinweis gegeben werden müssen. Leider vermißt man auch in den anderen Kapiteln Literaturhinweise bzw. ein Literaturverzeichnis.

Die Qualität der Aufnahmen von Erde, Sonne, Mond, Andromedanebel und Kometa verdienen eine exakte Zeichnung, eine Quellenangabe sowie Aufnahmezeiten, da sonst ein in der Astrofotografie Unbewandelter sehr wohl auf den Gedanken kommen könnte, mit einer Kamera, wie sie auf den folgenden Seiten des Buches abgebildet sind, könne man solche Bilder erhalten.

Die Tabelle lohnender Beobachtungsobjekte ist sehr umfangreich und bietet Beobachtungstoff für Jahre. Leider dürften dem Sternfreund bei Benutzung dieser Tabelle Enttäuschungen nicht erspart bleiben, da die jeweils benötigten Fernrohröffnungen theoretische Grenzgrößen sind und unsere mitteleuropäischen Beobachtungsbedingungen nicht berücksichtigen. Es kommt beim Trennen enger Doppelsterne neben der Objektöffnung auch auf die Vergrößerung an. Ein Beobachter, der also versucht, im Vertrauen auf den Satz „F3 und F5 können selbstverständlich auch Feldstecher sein“, mit einem Prismenglas 7 x 50 den Doppelstern 65 Psc (Distanz 4") zu trennen, wird einen Mißerfolg erleben.

Leider haben sich auch einige Fehler eingeschlichen. So ist beim Rechenbeispiel (S. 73) der Wert aus dem Diagramm der Zeitgleichung – 12,4 min und nicht – 9,5 min. In der Darstellung der Sonne für Anfang September fehlt der Nordpol. Die figürliche Darstellung des Sternbildes Schwan ist um 180° zu drehen (S. 48). In Tabelle 13 (S. 122) muß es mit den „Quadranten“ im Januar beginnen anstatt mit den Draconiden. Letztere treten erst im Oktober auf.

Für die Benutzer des Buches wäre es wünschenswert gewesen, wenn Tabelle 3 alle Großstädte und Bezirkshauptstädte enthielte.

Trotz dieser Mängel, die in einer Neuauflage leicht abzustellen sind, ist „Astronomie selbst erlebt“ ein Buch, das man allen angehenden Amateurastronomen wärmstens empfehlen kann. Es ist interessant geschrieben, vermittelt einen kurzgefaßten Überblick über unser heutiges Wissen, ist Bastel- und Beobachtungsanleitung und liefert auf Jahre hinaus Anregungen zum Beobachten. Damit erfüllt es nicht nur alle Anforderungen, die ein einzelner Interessent an ein solches Arbeitsmittel stellt, es kann gleichzeitig als eine gute Anleitung für die Arbeit in außerunterrichtlichen Arbeitsgemeinschaften dienen.

EBERHARD LIEBOLD

Dr. Klaus Lindner, *Astronomie selbst erlebt*. Reihe: Das kannst auch Du. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin 1973. 184 Seiten, 89 Abbildungen, 16 Tabellen, gebunden 12,80 M.

Salut na Orbita

Dieses Ende vorigen Jahres erschienene Buch ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Ablaufs sowie des Aufbaus und der wissenschaftlichen Instrumentierung der ersten bemannten Raumstation, die es in der Geschichte der Raumfahrt gegeben hat.

Nach einer allgemeinen Einführung über die Raumstation Salut beschreiben die Autoren bis ins Detail den Aufbau, die Dimensionen sowie die wissenschaftlichen Apparaturen dieser ersten Raumstation. Als Bellage wird ein großes farbiges Bild geliefert, aus dem viele Details dieser Raumstation ersichtlich sind. In einem weiteren großen Kapitel werden die wissenschaftlichen Instrumente sowie die ausgeführten Experimente und deren Ergebnisse, die bis zu diesem Zeitpunkt vorlagen, beschrieben.

Das Buch bietet außerdem eine Besonderheit. Jeweils auf der rechten Seite einer Doppelseite finden wir in einer Spalte zweierlei Angaben. Angefangen vom 6. Juni 1971 bis zum 30. Juni werden sowohl exakte Informationen über den täglichen Flugverlauf und die erfüllten Aufgaben gegeben als auch Zwiegespräche zwischen den Bodenstationen und den drei an Bord befindlichen Kosmonauten.

Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen zum Teil ganzseitigen Farbaufnahmen von hoher Qualität sowie die ebenfalls vielfältigen Schwarz-weiß-Bilder und Schemazeichnungen. Der Leser erhält durch dieses Buch einen umfassenden Überblick über den Ablauf des Unternehmens Salut 1.

KARL-HEINZ NEUMANN

M. P. Wasilew u. a.: Salut na Orblite (russisch). Moskau 1973 „Maschnostroenie“, Preis 1 Rubel, 27 Kopeken.

Raumfahrt in Stichworten

Sicherlich werden größere Bibliotheken der DDR auch dieses in der BRD erschienene Werk zur Einsicht zur Verfügung haben. Jedem an der Raumfahrt Interessierten kann dieses Buch empfohlen werden. Im Gegensatz zu dem bei uns erhältlichen „Lexikon der Raumfahrt“ hat der Verfasser dieses Buches einen anderen – für meine Begriffe als Nachschlagewerk bedeutend besseren – Weg der Darstellung gewählt.

Während bei dem in mehreren Auflagen erschienenen Lexikon der Raumfahrt eine stichwortartige Gliederung gewählt wurde, hat der Verfasser dieses Werkes folgende Komplexe zusammengefaßt: 1. Historisches; 2. Sonnensystem; 3. Erde und Mond; 4. Umweltbedingungen; 5. Kometen und Meteore bzw. Meteoriten; 6. Bahn- und Fluchtgeschwindigkeit; 7. Antriebsbedarf und Antriebsvermögen; 8. Startfenster; 9. Schwerkraftumlenkung; 10. Stufenprinzip; 11. Antriebsprinzip und Strahlgeschwindigkeit; 12. Einflüsse der Strahlgeschwindigkeit; 13. Überschall-Schubdüsen; 14. Reaktionskinetik der Treibstoffe; 15. Aerodynamische Kräfte; 16. Wärmeprobleme; 17. Nachrichtenübertragung und Energieversorgung; 18. Der Mensch im Weltraum; 19. Sinn und Problematik der Raumfahrt; 20. Anhang.

Im letzten Abschnitt finden wir Kurzzeichen für verschiedene Einheiten, Definitionen von Einheiten, Konstanten, Gravitationsparameter und Einflußsphären im Sonnensystem.

Die Besonderheit dieses Buches besteht darin, daß der Benutzer in der Lage ist, auf schnellstem Wege die notwendigen Formeln bzw. Konstanten und Werte für die verschiedensten in der modernen Raumfahrt auftretenden Probleme zu finden. Jeder, der auf dem Sektor der Raumfahrtjournalistik oder in der Vortragstätigkeit zu Raumfahrtproblemen tätig ist, kann hier in kurz zusammengefaßter Form sein Wissen wieder auffrischen und ist in der Lage, durch die zahlreichen mathematischen Formeln sehr schnell einfache Berechnungen auszuführen. Dieses Buch ist ein, glaube ich, letzter Versuch (allerdings im positiven Sinne), die wesentlichsten Grundkenntnisse zur Interpretation der Raumfahrtentwicklung auf geringstem Raum zusammenzufassen.

Es wäre zu hoffen, daß viele Bibliotheken in der DDR dieses wirklich äußerst nützliche Nachschlagewerk anschaffen. Besonders hervorzuheben ist noch, daß auch zahlreiche Beispiele aus der sowjetischen Raumfahrtentwicklung hier ihren Niederschlag gefunden haben.

KARL-HEINZ NEUMANN

Dr.-Ing. Eckart Elsner: Raumfahrt in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel 1973.

dtv-Atlas zur Astronomie

Die Stoffanordnung dieses Taschenbuches besticht bereits beim ersten Durchblättern und erweist sich als vorbildlich. Jeder der zwispaltigen Textseiten ist eine farbige Graphiktafel gegenübergestellt, auf der die Textinformationen in oft überraschend anschauliche, pädagogisch gestaltete Abbildungen umgesetzt wurden.

Der Inhalt des Taschenbuchs ist in Abschnitte gegliedert (Geschichte; Instrumente und Forschungsmethoden; Sphärische Astronomie und Himmelsmechanik; Planetensystem; Kometen, Meteore und Interplanetare Materie; Aufbau der Sterne; Interstellare Materie; Milchstraßensystem; Entstehung und Entwicklung der Sterne; Extragalaktischer Raum; Kosmologie; Sternatlas) und informiert unter jeweils zugehörigen Stichworten sowohl über die wissenschaftlich akzeptablen Hypothesen bzw. Theorien ungeklärter Probleme als auch die effektiven Ergebnisse von Beobachtung und Messung als gegenwärtigen Forschungsstand.

Die gestrafft gebotenen Informationen sind auch sprachlich dem im Vorwort geäußerten Anliegen des Taschenbuches angemessen; vor allem dem Anfänger im Astronomiestudium werden sichere Grundlagen für die Beschäftigung mit der ältesten Wissenschaft gegeben.

Der Verfasser hält sich dankenswerterweise von spekulativen Erwägungen über Forschungsprobleme und -ergebnisse fern, die z. Z. noch mehrere Lösungen bzw. Erklärungsversuche anbieten und widersteht damit dem Trend, sie zwecks Erhöhung der Auflage unerlös zu nutzen. Zwar überläßt er – sicher nicht willentlich – dem Nichtfachmann auch mal mitten im Informationsfluß sich selbst (z. B. beim Olbersschen Paradoxon), führt ihn dafür jedoch z. B. beim Stichwort „Solarerterrestrische Beziehungen“ nach notwendiger Absicherung hinsichtlich (nicht von ihm) behaupteter Zusammenhänge zwischen Sonnenaktivitäten und biologischen Vorgängen an eine wissenschaftliche Grenzlinie und läßt ihn über diese hinwegblicken, denn: „Immerhin lassen sich derartige Einflüsse nicht ganz ausschließen.“

Eine Bibliographie (meist deutschsprachiger Literatur) und ein Register runden den Band ab, der für den Astroamateur zur empfehlenswerten Literatur gehört und in der DDR in den Bibliotheken auszuleihen sein sollte.

A. HOCKAUF

Joachim Herrmann, dtv-Atlas zur Astronomie. Deutscher Taschenbuch-Verlag München 1973. 288 S., davon 135 farbige Tafeln, 9,80 DM.

EVP 1,50 M
PZV 31052

4¹⁹⁷⁴ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

Der Nachweis der Kosmischen Strahlung an Bord von Raumflugkörpern · W. D. Fromm . . .	97
Grundlagen der sphärischen Astronomie I · Dr. habil. Klaus-Günter Steinert . . .	103
Der Kosmische Staub und seine Rolle bei der Sternentstehung · Dr. Johann Dorschner . . .	112
Mission Mariner 10 · Karl-Heinz-Neumann . . .	118

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Nachweis der Kosmischen Strahlung“ . . .	I
Abb. zum Beitrag „Der Kosmische Staub“ . . .	II/III/IV
Abb. zum Beitrag „Mission Mariner 10“ . . .	III

Amateure beobachten und berichten

Beschreibung einer Schmidt-Kamera · Hans-H. Lenz . . .	122
Positionsbestimmung des GRF auf Jupiter . . .	124
Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 11. 12. 1973 und am 3. 3. 1974 · Steffen	
Löser/Edgar Otto . . .	125
„Kohoutek 1973“ im Feldstecher · E. Pfitzner . . .	125

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR

XXIV. Internationaler Astronautischer Kongreß · Dr. E. Hollax, K.-H. Neumann, H. Pfaffe	126
---	-----

Aus der Literatur

„Pioneer 10“-Ergebnisse vom Jupiter — Untere Venusatmosphäre optisch dick	3. Umschlagseite
Gravitationswellen Ja oder Nein? — Wasser im Kometen Kohoutek — Projekt eines Fernseh-	
Direktempfangssatelliten für die BRD . . .	4. Umschlagseite

Redaktionschluß: 25. März 1974

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur, Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 69 Jena, Schillergäßchen 2; OMR Dr. Karl Sigmund, 829 Kamenz; OL Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 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.

Gesamtherstellung: IV/10/5 Druckhaus Freiheit Halle.

Der Nachweis der Kosmischen Strahlung an Bord von Raumflugkörpern

Überarbeitete Fassung eines Vortrags, der auf der Wissenschaftlichen Konferenz der Astronautischen Gesellschaft der DDR am 15. Juni 1973 in Berlin gehalten wurde.

W. D. FROMM

1. Einleitung

Unter Kosmischer Strahlung versteht man eine außerordentlich hochenergetische Strahlung, die den Kosmos durchsetzt. Sie besteht zum überwiegenden Teil aus relativistischen Atomkernen, wobei neben den in der primären Komponente am häufigsten auftretenden Protonen auch weit schwerere Kerne beobachtet werden können. Die Elementverteilung innerhalb dieser Teilchenstrahlung ist typisch für die Verteilung, die unter Zugrundelegung des r-Prozesses (schneller Neutroneneinfang) entsteht. Sie weist auf der Seite kleiner Kernladungszahlen ($= Z$) eine den terrestrischen und solaren Häufigkeiten ähnliche Struktur auf. In Abb. 1 (S. 98) sind diese Häufigkeiten einander gegenübergestellt, wobei bei $Z = 6$ (Kohlenstoff) auf gleiche Intensität normiert wurde. Der in der Kosmischen Strahlung um mehrere Größenordnungen höhere Anteil an Lithium, Beryllium und Bor ($Z = 3, 4, 5$) ist auf Fragmentierung von Kohlenstoff- und Sauerstoffkernen durch Stöße an interstellaren Gaspartikeln zurückzuführen [1].

Neben der dominierenden Teilchenstrahlung existiert ein geringer Anteil sehr schneller Elektronen und höchstenergetischer Photonen, den wir zunächst aus den allgemeinen Betrachtungen ausschließen wollen. In der Teilchenkomponente treten Energien bis zu etwa 10^{10} Nukleonmassen auf (die Ruhmasse von Proton oder Neutron beträgt etwa $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$). Diese Energien übersteigen bei weitem die gegenwärtig mit Teilchenbeschleunigern erreichbaren Energien in der Größenordnung von 10^3 GeV . Da der Bau derartiger Beschleuniger stets an den jeweiligen Grenzen von Technologie und Ökonomie verläuft, bedarf es bis zur Realisierung von Projekten mit Parametern, die ähnliche Energien ermöglichen würden, noch einer sehr langen Zeit. — ja, es drängt sich die Frage auf, ob Energien, die Teilchen beim Durchlaufen galaktischer Magnetfelder erhalten, unter irdischen Bedingungen jemals sinnvoll erreicht werden können.

Obwohl Teilchenstrahlen mit steigender Energie eine wachsende Durchdringungsfähigkeit in Materie gewinnen, wird die Beobachtung der Primären Kosmischen Strahlung auf der Erdoberfläche durch vorwiegende Wechselwirkungen in Schichten der Hochatmosphäre beeinträchtigt.

Die im Ergebnis von Stößen der kosmischen Teilchen an ^{16}O , ^{14}N und ^{12}C entstehenden Elektronenlawinen tragen zur Bildung der ionosphärischen Schichten bei. Entsprechend dem Durchgange schneller Elektronen durch Materie wird auch von den Kernen der Kosmischen Strahlung beim Durchfliegen von Kernmaterie eine γ -Bremsstrahlung ausgesandt, deren hohe Energie zur Bildung von Elektronenpaaren ausreicht. Diese hochenergetischen Elektronen können in einem umgekehrten Comptonprozeß hochenergetische γ -Strahlen erzeugen, welche wiederum e^-e^+ -Paare auslösen können. In einem solchen Kaskadenprozeß erzeugt ein einfallendes Teilchen mit einer Energie von etwa 10 GeV etwa 10^{19} Sekundärteilchen, in der Hauptsache Elektronen. Ferner entstehen durch Wechselwirkung der Kosmischen Teilchen mit den Nukleonen π -Mesonenwolken, von denen allerdings nur die schwach wechselwirkenden Zerfallsprodukte die Erdoberfläche als μ -Schauer erreichen.

Zur unbehinderten Beobachtung der primären Teilchenkomponente ist man bald dazu übergegangen, die Dicke der über dem Meßgerät lagernden Absorptionsschicht zu reduzieren (in Meereshöhe etwa 1000 g/cm^2 Absorberdicke). Jedoch auch die Verwendung von Stratosphärenballons erfüllt bei weitem nicht alle Anforderungen, da selbst in Maximalhöhen von etwa 30 km noch eine Absorberdicke von 2 g/cm^2 auftritt und Stabilität, Einsatzdauer und Sicherheit der Nachweisapparatur zu begrenzt sind. Erst mit der Verfügbarkeit von Großsatelliten hat die Raumfahrttechnik auch auf diesem Gebiet einen Durchbruch erzielt. Einige speziell dem Studium der Kosmischen Strahlung gewidmete Missionen sind durchgeführt worden (z. B. PROTON), weitere Nutzlasten befinden sich in der Flugvorbereitung (z. B. HEAO). Im Forschungsprogramm der Raumstationen nehmen Untersuchungen der Kosmischen Strahlung einen wichtigen Platz ein (siehe auch Abschn. 3).

2. Detektoren zum Nachweis der Kosmischen Strahlung

2.1 Spurendetektoren dienen als einfachste Nachweisgeräte. Das Sichtbarmachen der Spuren mittels einer Fotoemulsion wird durch den Umstand ermöglicht, daß beim Durchgang der geladenen Teilchen

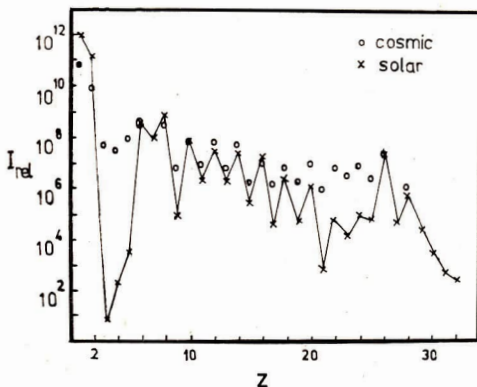


Abb. 1:

Gegenüberstellung der Elementhäufigkeit im Sonnensystem und in Kosmischer Strahlung. Die solaren Häufigkeiten wurden auf eine Wasserstoffintensität von 10^{12} bezogen und sind durch eine Linie verbunden. Nach Daten aus [1] gezeichnet.

AgBr-Moleküle, die Keime für Silberkörner bilden, längs ihrer Bahn ionisiert werden. Nach der Entwicklung werden die Teilchenspuren unter dem Mikroskop sichtbar und können vermessen werden. Abb. 2 zeigt die mit einer Fotoemulsion aufgenommene Zertrümmerung eines Atomkernes durch ein hochenergetisches Teilchen mit der Kernladungszahl $Z = 18$. Auffällig ist die große Zahl der wegfliegenden Sekundärteilchen.

Beim Durchgang geladener Teilchen durch Plastfolien werden in der Teilchenbahn die Molekülketten aufgebrochen, was zu einer teilweisen Zerstörung und infolgedessen erhöhter Angreifbarkeit des Materials an diesen Stellen führt. Durch Anätzen können die submikroskopischen Spuren vergrößert und sichtbar gemacht werden. Emulsionen und Plastfolien werden zu großflächigen Stapeln (stacks) zusammengefügt, wobei häufig zwischen die Detektorschichten Metallfolien mit hohem Z zur Erhöhung des Wechselwirkungsquerschnittes eingebracht werden. Auch in dicken, kristallinen Substanzen lassen sich Spuren kosmischer Primärteilchen nachweisen, so z. B. in Gläsern und auch, wie Abb. 3 (S. 1) zeigt, im Mondgestein. Im Olivin sind nach Anätzung Spuren schwerer Partikel ($Z > 30$) zu erkennen. Das Kristallgefüge wird erst durch Teilchen mit $Z > 20$ zerstört. Der Nachteil von Spurendetektoren liegt in der außerordentlich zeitaufwendigen Aufarbeitung, Absuchung und Vermessung der zahlreichen Folien und in der Unmöglichkeit, speziell interessierende Erscheinungen zeitlich selektiv zu untersuchen.

Detektoren mit elektronischer Ergebnisdarstellung sind in dieser Hinsicht vorteilhaft und erlauben eine unmittelbare Datenbehandlung.

2.2 So kann das beim Durchgang eines Teilchens durch einen Szintillator ausgesandte Licht zur Bestimmung von Teilchenladung oder der Gesamtlichtabgabe bis zum Stop des Teilchens in mehreren aufeinanderfolgenden Szintillatoren zur Energiebestimmung benutzt werden.

2.3 In ähnlicher Weise sind Detektoren einsetzbar, die mit Hilfe der ausgesandten Čerenkov-Strahlung die Kernladung bestimmen können.

2.4 Die Festlegung der Bahn des einfliegenden Teilchens kann mit der Funkenkammer elektronisch vorgenommen werden. Zwischen gitterförmig ausgebildeten und sich gegenüberstehenden Hochspannungselektroden gibt es an jenen Stellen Überschläge, wo vorher der Durchgang eines ionisierenden Teilchens erfolgte. Durch Signalabnahme an den entkoppelten Einzeldrähten des Gitters ist die Ortskoordinate des Durchschlagspunktes feststellbar. In Abb. 4 (S. 100) ist ein aus Funkenkammern, Szintillatoren und Čerenkovzählern aufgebautes Spektrometer für den Nachweis Kosmischer Strahlung an Bord eines Satelliten mit dem simulierten Durchgang eines schweren Eisenkernes ($Z = 26$) gezeigt. Das Spektrometer ist in drei Bereiche unterteilt, in denen Ladungs-, Positions- und Energiebestimmung erfolgen.

2.5 Die Nebelkammer ist ein klassischer Detektor für den Teilchennachweis. Durch Expansion des Kolbens wird im Gefäß übersättigter Dampf hergestellt. Der Durchgang geladener Teilchen führt

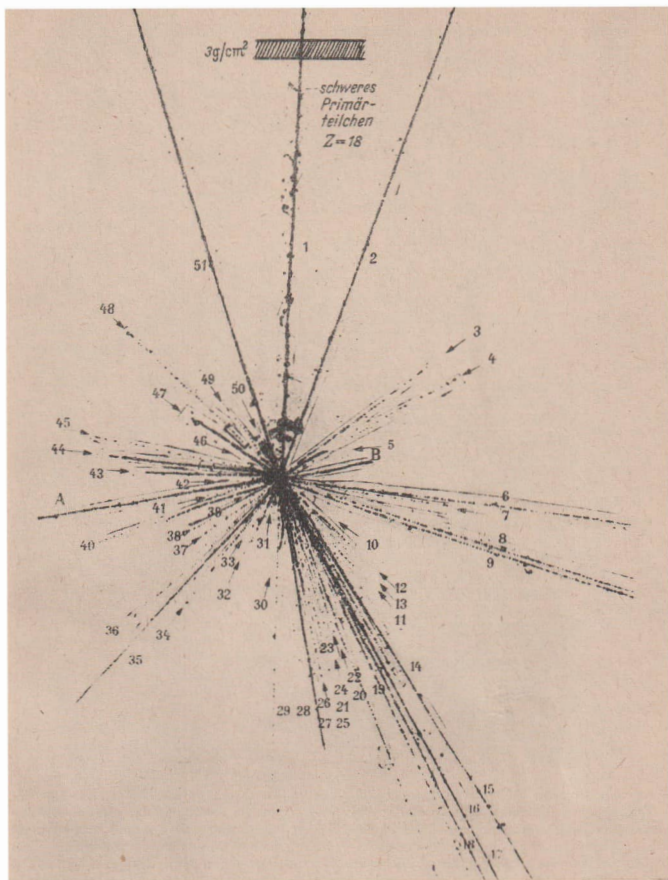


Abb. 2: Kerzertrümmerung durch schweres Teilchen der Kosmischen Strahlung, aufgenommen mit einer Kernspurenemulsion. Das schraffierte Gebiet soll die vor Eintritt in die Emulsion durchflogene Absorberschicht symbolisieren. Aus: W. Finkelburg, Einführung in die Atomphysik, Springer Verlag 1962, S. 334.

zur Ionisation von Molekülen, die Kondensationskeime bilden. In der Kammer erscheint daraufhin eine Tröpfchenspur (Nebel) längs der Teilchenbahn. Typische Kammern erreichen Flächen von einigen m^2 und arbeiten zyklisch. In Abb. 6 (S. I) ist der Durchgang von geladenen Teilchen kosmischen Ursprungs durch eine Wilsonsche Nebelkammer dargestellt.

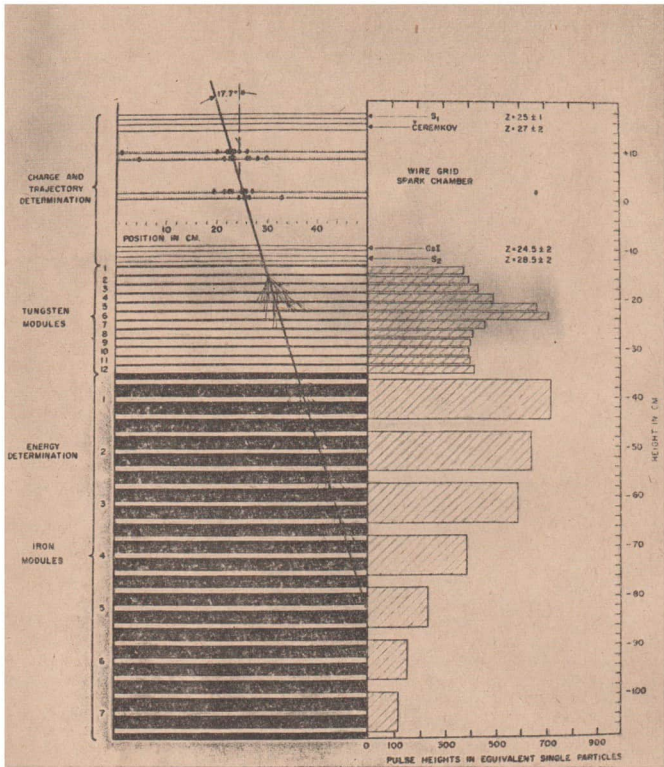


Abb. 4: Spektrometer für hochenergetische kosmische Teilchen. Es wird der Durchgang eines Fe-Kernes durch das Spektrometer dargestellt, rechts ist das jeweilige Messergebnis angegeben. Bei Ladungsbestimmung ist das erhaltene Z angetragen, bei Energiebestimmung die Lichtausbeute im zugehörigen Szintillator. Im Kalorimeter werden 12 Wolfram- und 20 Eisenplatten zur Steigerung der Wechselwirkungsrate verwendet. Aus: J. F. Arens et al., IEEE Transactions on Nuclear Science NS-20 (1973) 131.

2.6 Die **Blasenkammer** ist der erfolgreichste Detektor für Hochenergieereignisse. Da die Flüssigkeit als Nachweismedium eine größere Dichte als das Nebelkammergas hat, kann auf den Einbau von Konversionsschichten verzichtet werden. Die Spur wird sichtbar durch Bildung mikroskopischer Gasbläschen in einer entspannten, überhitzten Flüssigkeit unter kontrolliertem Blasenwachstum. Abb. 5 (S. I) zeigt die von einem Primärteilchen mit $E > 100$ GeV nach Wechselwirkung mit dem Kolben der Kammer ausgelösten zahlreichen Teilchenspuren. Millionen von Aufnahmen werden mit Hilfe dieser Großgeräte jährlich an vielen Beschleunigern der Welt gewonnen. Jedoch sind so aufwendige Konstruktionen wie Nebel- oder Blasenkammern (so hat z. B. die in Serpuchov arbeitende

MIRABELLE eine Höhe von 15 m und ein Gewicht von 2000 t) für den Raumfahrteinsatz ungeeignet, so daß Spektromotoren mit elektronischer Teilchenregistrierung der Vorrang auf diesem Gebiete gebührt.

3. Kosmische Strahlung und wissenschaftliche Grundprobleme

Die in diesem Absatz angeführten verschiedenartigen physikalischen Probleme sollen verdeutlichen, wie das Studium der Kosmischen Strahlung bei der Lösung einiger, nicht zuletzt auch philosophisch relevanter naturwissenschaftlicher Grundfragen mitwirkt.

Um die bis heute bekannte Vielzahl von Elementarteilchen und Resonanzen ordnen und beschreiben zu können, sind eine Reihe von Modellen entwickelt worden. Sehr erfolgreich bei der Erklärung von Teilcheneigenschaften war das von GELL-MANN entwickelte Modell, in welchem das Nukleon aus drei Teilchen mit gebrochener Elementarladung aufgebaut wird. Nach diesen Bausteinen, den sog. Quarks, die $\frac{1}{3}$ oder $\frac{2}{3}$ Elementarladung besitzen sollen, wird seit mehreren Jahren überall in der Welt gesucht. 1969 berichtete eine Gruppe australischer Physiker, die die Kosmische Strahlung mit Nebelkammern untersuchen, von einigen Spuren unter Tausenden anderer, die so aussehen, als seien sie von Teilchen mit $\frac{2}{3}e$ erzeugt worden [2]. Abb. 6 zeigt einen Kandidaten für ein solches Teilchen (X), das eine $\frac{4}{9}$ geringere spezifische Ionisation verursachen sollte als ein normal geladenes Teilchen (I). Diese Ergebnisse sind heftig kritisiert worden und müssen als fraglich gelten [3]. Andererseits kann das Ausbleiben von Teilchen mit gebrochener Ladung bei den intensiven Suchexperimenten an den größten Beschleunigern aber auch ein Zeichen dafür sein, daß die dort verfügbaren Energien nicht zur Erzeugung von Quarks ausreichen. Sie wären dann, falls überhaupt frei vorhanden, gegenwärtig nur in der Kosmischen Strahlung nachweisbar.

Das zweite Problem liegt am anderen Ende der kernphysikalischen Interessensphäre. ^{238}U ist der schwerste in der Natur vorkommende Atomkern und besitzt eine Kernladungszahl $Z = 92$. Auf künstlichem Wege sind eine Reihe von noch schwereren Kernen, die Transurane, hergestellt worden. 1970 wurde in Dubna das bislang schwerste Nuklid mit $Z = 105$ von FLEROV und Mitarbeitern synthetisiert, das nur noch eine Lebensdauer von einigen tausendstel Sekunden besitzt [4]. Nichtsdestoweniger werden die Arbeiten zur Synthese noch schwererer Kerne in Dubna intensiviert, da Modellvorstellungen eine Wiederzunahme der Kernstabilität für höhere Kernladungszahlen postulieren [5]. Die diesen Sachverhalt widerspiegelnde allegorische Darstellung (Abb. 7, S. 102) zeigt ein relatives Maximum der Stabilität für die Protonenzahlen $Z = 110$ und $Z = 114$. Da die für diese Kerne erwarteten Halbwertszeiten um einige Zehnerpotenzen größer als die Halbwertszeiten der jüngsten synthetisierten Nuklide sein sollen, wird auch in der Natur (Gesteine, alte Gläser, Manganknollen, Vulkane) und in der Kosmischen Strahlung nach solchen Kernen gesucht. FOWLER hatte bei Ballonflügen mit 10 m^2 großen Emulsionspaketen etwa 200 Spuren sehr schwerer Teilchen gefunden, von denen 60 Spuren oberhalb von $Z = 60$ und zwei Spuren bei $Z = 110$ lagen [6]. Die Intensität dieser superschweren Teilchen relativ zur Eisengruppe ist zwar sehr klein ($I_{\text{rel}} = 5 \cdot 10^{-7}$), das Auftreten von zwei Spuren an der Stelle, an der die stabileren Kerne vorausgesagt wurden, ist jedoch eine große Ermutigung für weitere Untersuchungen.

Ein Experiment in dieser Richtung wurde mit Interkosmos 6 durchgeführt. An Bord des Satelliten befand sich ein Emulsionspaket mit den Abmessungen $0,4\text{ m} \times 0,4\text{ m}$, das 4 Tage der Kosmischen Strahlung ausgesetzt und dann zur Untersuchung zur Erde zurückgeführt wurde. Für die Bedeutung der Fragestellung nach dem Vorkommen superschwerer Kerne in der Kosmischen Strahlung spricht, daß in beiden Raumstationen der 1. Generation Experimente mit dieser Zielstellung durchgeführt wurden. An Bord von SALUT 1 befand sich die Fotoemulsionskammer ФЭК-7, die mit niedrigempfindlichen Emulsionsschichten des Typs A2 in einer Schichtdicke von $200\text{ }\mu\text{m}$ bestückt war, um den Untergrund von Anteilen niedriger Kernladungszahl zu unterdrücken. Die Expositionsdauer des Emulsionspaketes lag bei etwa 3 Monaten¹⁾.

Mit SKYLAB wurde das Experiment s-228 geflogen, bei dem Plastikfolien 230 Tage lang an der Wand des Orbital Workshop der Kosmischen Strahlung ausgesetzt werden sollten. Im Resultat dieses Experiments werden 500 Spuren mit $Z > 60$ und etwa 15 Spuren mit $Z > 92$ (Transurane) erwartet. Die Absorptionsdicke beträgt nur $0,9\text{ g/cm}^2$ Aluminium, so daß schwere Teilchen bis zu einer unteren Grenzenergie von 150 MeV/Nukleon nachgewiesen werden können. Gegenüber dem Satellitenexperiment mit einer Expositionsausbeute von $0,64\text{ m}^2$ Tage wird eine fast 500fache Steigerung auf 315 m^2 Tage mit dem Raumstationsexperiment erreicht. Da die Häufigkeiten für das Auftreten sehr schwerer Teilchen außerordentlich klein sind, werden die gesuchten Ereignisse von einer Vielzahl unerwünschter Spuren überlagert bzw. überdeckt. Die Entwicklung von triggerbaren Detektoren mit der Mög-

¹⁾ Über die beim Fluge von SALUT 1 durchgeführten Untersuchungen der Kosmischen Strahlung wird in einer gesonderten Arbeit ausführlicher berichtet.

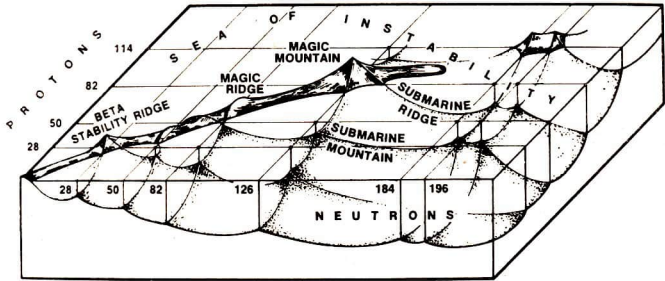


Abb. 7: Allegorische Darstellung der Kernstabilität. Stabile Kerne liegen über der Wasseroberfläche, wobei für die angegebenen Magischen Protonen- und Neutronenzahlen Gipfel oder Bergrücken entstehen. Bei $Z = 114$ und $184 < N < 196$ erhebt sich die für die superschweren Elemente vorhergesagte Stabilitätsinsel. Darstellung nach W. J. Swiatecki aus CERN-Courier 9 (1989).

lichkeit der Unterdrückung dieses Untergrundes ist insbesondere im Hinblick auf die größeren Expositionszeiten im Rahmen kontinuierlicher Untersuchungen an Bord von langlebigen Raumstationen eine wichtige experimentelle Aufgabe.

4. Ausblick

Raumfahrtforschung und Raumfahrttechnik werden in immer stärkerem Maße auf ihre praktische Anwendbarkeit hin erschlossen; daher weist der Anteil der Grundlagenforschung eine rückläufige Tendenz auf. Es ist infolgedessen verständlich, daß unter den möglichen bzw. wünschenswerten Experimenten nur jene zur Durchführung kommen, die die interessantesten und bedeutungsvollsten Ergebnisse versprechen. Die Tatsache, daß zahlreiche Aktivitäten, die diese Bedingungen zu erfüllen vermögen, der weiteren, intensiveren Erforschung der Kosmischen Strahlung gewidmet sind, spricht für das dieser Erscheinung weltweit entgegengebrachte Interesse. Die Sowjetunion z. B. hat auf diesem Gebiet bahnbrechendes geleistet mit dem Einsatz der sehr schweren Forschungssatelliten der PROTON-Serie vor etwa 10 Jahren. Vergleichbare Nutzlasten und Missionsziele sind auf amerikanischer Seite frühestens in einigen Jahren zu erwarten. Die Aufgabenstellung solcher künftigen Großsatelliten besteht nicht nur in der Vermessung der Teilchenkomponente der Primären Kosmischen Strahlung, sondern vor allem in der Registrierung der bedeutend schwächeren Elektronen- und γ -Komponente. Letztere hat insofern besonderes Interesse gefunden, da mit ihrer Hilfe die Quellen der Kosmischen Strahlung räumlich lokalisierbar werden. Durch die Wirkung der uns unbekannten interstellaren Magnetfelder geht die Richtungsinformation bei den Teilchenkomponenten verloren. Messungen dieser Art, die auch unter dem Namen γ -Astronomie bekannt geworden sind, genießen derzeit große Aufmerksamkeit und erfordern ein Höchstmaß an Winkelauflösung vom Detektorsystem und Lagestabilisierung vom Satellitengrundkörper. Da der Übergang von der γ - zur Röntgenastronomie nur in einer veränderten Energie der nachzuweisenden Photonen gesehen werden kann, können in beiden Gebieten ähnliche Detektorsysteme verwendet werden und sind oft in einer Nutzlast vereinigt.

Auf die gegenwärtig an Bord von Raumstationen durchgeführten Untersuchungen der Kosmischen Strahlung ist oben bereits detailliert eingegangen worden. Für die in den 80er Jahren zu erwartenden permanenten Raumstationen gibt es schon heute konkrete Vorschläge für die Ausrüstung wissenschaftlicher Moduln. Unter anderem ist ein Modul für Kosmische Strahlenphysik vorgeschlagen worden, das als freifliegendes Laboratorium konzipiert ist. Es soll den Hauptkörper der Station in einer Entfernung von etwa 100 km auf der Umlaufbahn begleiten. Bei 4,5 m Durchmesser und 14 m Länge soll es ein Gewicht von etwa 12,5 t besitzen, von dem 5,2 t auf einen supraleitenden Großmagneten entfallen. Der Magnet wird in Verbindung mit Funkkammern und Zählerhodoskopen ein leistungsfähiges Spektrometer zur Untersuchung höchstenergetischer Wechselwirkungen bilden.

Die Auswirkungen der Kosmischen Strahlung auf den Organismus des Raumfahrers sind zunächst unterschätzt worden, lediglich die Strahlenbelastung durch Strahlungsgürtel und solare Röntgen- und Teilchenstrahlung wurde als große Gefahr signalisiert. Durch die im Spektrum der Kosmischen

Strahlen vorhandenen gewaltigen Energien entstehen jedoch, vor allem bei einfliegenden Teilchen mit höherem Z , durch die außerordentlich starke Ionisation schwere Zellschäden bzw. -funktionsausfälle im Gewebe. Ferner ist eine Abschirmung gegen diese Strahlung nur mit höchstem technischen Aufwand möglich. So wird beispielsweise für die Abschirmung der noch verhältnismäßig geringen Teilchenenergien bis 100 MeV/Nukleon bereits ein den Flugkörper umgebendes Magnetfeld von 30 kG gefordert. Anhand des von Astronauten auf der Strecke Erde-Mond durch Zählen der im geschlossenen Auge auftretenden Lichtblitze abgeschätzten Teilchenflusses ist bei einem Raumflug zum Mars mit einem Ausfall von Riesenzellen in der Größenordnung Prozent zu rechnen [7]. Die Vermessung von Fluß und Spektrum der Primären Kosmischen Strahlung mit interplanetaren Sonden ist daher eine wichtige Voraussetzung für Planung und Durchführung künftiger langdauernder bemannter Raumflüge.

Literatur:

- [1] M. M. Shapiro, Proceedings of the 12th International Conference on Cosmic Rays, Hobart/Tasmania 1971, vol. 1, 427.
- [2] C. B. A. McCusker und I. Cairns, Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 658.
- [3] R. K. Adair und H. Kasha, Phys. Rev. Lett. 23 (1969) 1355.
- [4] G. N. Fierov, Yu. Ts. Oganesyan, Yu. V. Lobanov, Ya. A. Lazarev, S. P. Tretiakova, I. V. Kolesov und V. M. Plotko, Dubna-Preprint P7-5164 (1971) und Nucl. Phys. A160 (1971) 181.
- [5] W. D. Myers und W. J. Swiatecki, Nucl. Phys. 81 (1966) 1.
- [6] P. H. Fowler, J. M. Kidd, E. J. Kobetich, G. E. Nichols, P. B. Price und R. L. Fleischer, Phys. Rev. D3 (1971) 815.
- [7] T. F. Budinger, C. A. Tobias, J. T. Lyman, P. K. Chapman, L. S. Pinsky, H. Bichsel, J. D. Denney und W. B. Nelp, Berkeley-Preprint LBL-31 (1971).

Grundlagen der sphärischen Astronomie I*

Dr. habil. KLAUS-GÜNTER STEINERT

1. Koordinatensysteme der Himmelskugel

Der Ort eines Himmelskörpers wird im allgemeinen durch seine Lage an der scheinbaren Himmelskugel beschrieben. Da diese als Kugel mit dem Radius 1 um den Erdmittelpunkt (Geozentrum) oder bei weit entfernten Objekten wie Fixsternen, um den Beobachtungsstandort (Topozentrum) gedacht werden kann, bleiben die Entfernungen der Himmelskörper zunächst außer Betracht. Ein Ort an der scheinbaren Himmelskugel wird also durch zwei Winkel- bzw. Großkreisbogengrößen festgelegt. Bei der Definition der für verschiedene Zwecke gebräuchlichen rechtwinklig-sphärischen Koordinatensysteme wird ein Kugelgroßkreis als Grundebene gewählt. Die beiden Punkte der Kugeloberfläche, die den Großkreisabstand 90° vom Grundkreis haben, heißen Pol und Gegenpol des Grundkreises. Auf dem Grundkreis werden ein Ausgangs- oder Leitpunkt und eine Zählrichtung für die erste Koordinate in der Grundebene festgelegt. Die zweite Koordinate des Systems ist der kürzeste Abstand des Himmelskörpers von der Grundebene, gemessen in dem Großkreis, der ihn mit den beiden Polen verbindet.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten und Begriffe der in der Astronomie üblichen Koordinatensysteme und des Systems der irdischen geographischen Koordinaten liegt in Tabelle 1 vor.

In Abb. 1 sind die Koordinatensysteme des Horizonts und des Äquators dargestellt. Die geographische Breite φ dient zur Verbindung dieser beiden Systeme.

Der Ekliptiknordpol hat im Äquatorsystem die Koordinaten

$$\alpha_{1950} = 18^h \quad \delta_{1950} = +66^\circ 5' \text{ (im Sternbild Drache)}$$

Der genaue Wert der Schiefe der Ekliptik ($\epsilon \approx 23,5^\circ$) gehört zu den astronomischen Konstanten [2], S. 56 und [6], S. 19.

* Teil II folgt in Heft 6/74.

Tabelle 1: Die astronomischen Koordinatensysteme

System	Grundebene	Pol, Gegenpol	1. Koordinate (im Grundkreis) Bezeichnung	Anfang	Richtung	Bezeichnung der Kreise parallel zum Grundkreis	senkrecht zum Grundkreis	2. Koordinate
Geographisches Koordinatensystem	Erd-äquator	Nordpol Südpol	geogr. Länge λ	Meridian von Greenwich	östl. Länge 0...180° westl. Länge 0...+180°	Parallelkreise	Meridiane	geogr. Breite φ
Horizontsystem	wahrer Horizont*	Zenit, Nadir	Azimet a	Südpunkt	S-W-N-E** Uhrzeigersinn 0...360°	Höhenkreise = Almkantare	Vertikalkreise	Höhe h, Zenitdistanz $z = 90^\circ - h$
Äquatorsystem ruhendes	Himmels-äquator	Himmels-nord- und -südpol	Stundenwinkel t	Kulminationspunkt des Äquators	Uhrzeigersinn 0...360° oder 0...24h			
-rotierendes			Rektaszension α	Frühlingspunkt F	Gegenuhrzeigersinn 0...24h	Parallelkreise	Stundenkreise	Deklination δ
Ekliptiksystem	Ekliptik	Ekliptik-nord- und -südpol	ekliptikale Länge λ	Frühlingspunkt	scheinbare jährl. Bewegung der Sonne 0...360°	eklipt. Parallel- oder Breitenkreise	eklipt. Längenkreise	ekliptikale Breite β
Galaktiksystem	Symmetrieebene der Galaxis	Galaktik-nord- und -südpol	galaktische Länge l	Schnitt galaktische Ebene u. Äquator	wie α 0...360°	galaktische Breitenkreise	galaktische Längenkreise	galaktische Breite b

Für den galaktischen Nordpol sind durch internationale Übereinkunft die Koordinaten

$$\alpha_{1950} = 12^h 49^m \quad \delta_{1950} = +27^\circ 4' \text{ (im Sternbild Coma berenices) festgelegt worden.}$$

Für verschiedene Zwecke, insbesondere bei der Lösung von Aufgaben der Ortsbestimmung, macht sich eine Transformation von einem Koordinatensystem in ein anderes nötig. Als Beispiel für die Umrechnung von Azimet a und Höhe h in Stundenwinkel t und Deklination δ sowie umgekehrt bei bekannter Breite φ seien folgende Formeln gegeben, die aus Abb. 2 unter Verwendung der allgemeinen Formeln der sphärischen Trigonometrie ablesbar sind:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \quad (1)$$

$$\sin z \sin a = \cos \delta \sin t \quad (2)$$

$$\sin z \cos a = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t \quad (3)$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos a \quad (4)$$

$$\cos \delta \sin t = \sin z \sin a \quad (2)$$

$$\cos \delta \cos t = \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos a \quad (5)$$

wird die Höhe h der Zenitdistanz z vorgezogen, so kann gesetzt werden

$$\cos z = \sin h \quad \sin z = \cos h.$$

Koordinatentransformationen können logarithmisch, mit Rechenmaschine und Funktionstafel oder mit graphischen Hilfsmitteln vorgenommen werden. Fünfstellige Logarithmen- oder Funktionstafeln erlauben eine Rechengenauigkeit von etwa 5 Bogensekunden, während vierstellige Tafeln 1 Bogenminute liefern. Graphische Hilfsmittel sind in [1] und [2] für h bzw. z aus δ und t und in [7], Beilage VI,

*) an die Erdkugel wird eine Tangentialebene gelegt, parallel zu sich selbst in den Erdmittelpunkt 0 verschoben und allseitig bis zum Schnitt mit der scheinbaren Himmelskugel erweitert.

**) Nach TGL 21752 Blatt 3, Gruppe 034, v. 1. 4. 1967 wird das Azimet vom Nordpunkt aus gezählt. Da jedoch in der astronomischen Literatur die Zählung vom Südpunkt aus noch weithin üblich ist, wird sie auch hier vorgenommen.

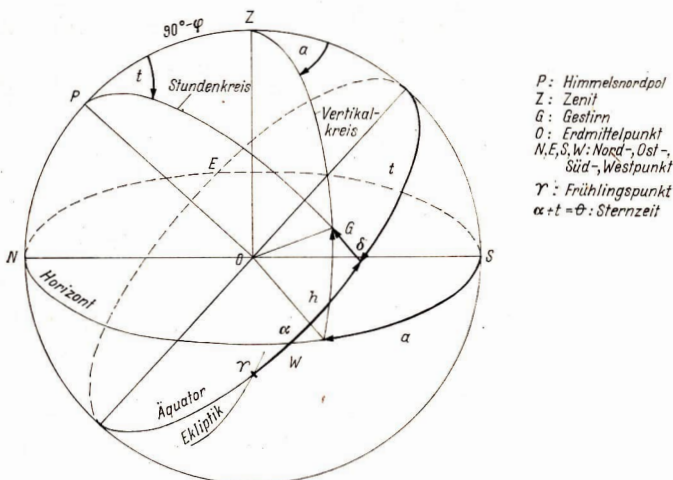


Abb. 1: Horizont- und Äquatorsystem.

universell für alle Transformationen zwischen dem Äquator- und Horizontsystem und in [7], Beilage XI, zwischen äquatorialem und galaktischem System gegeben. Sie alle liefern eine Genauigkeit von etwa 1 Grad.

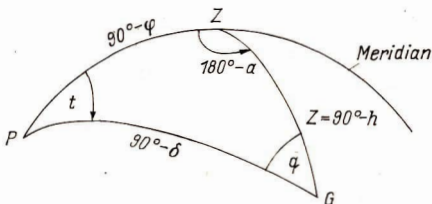
2. Scheinbare Veränderungen der Gestirnskoordinaten

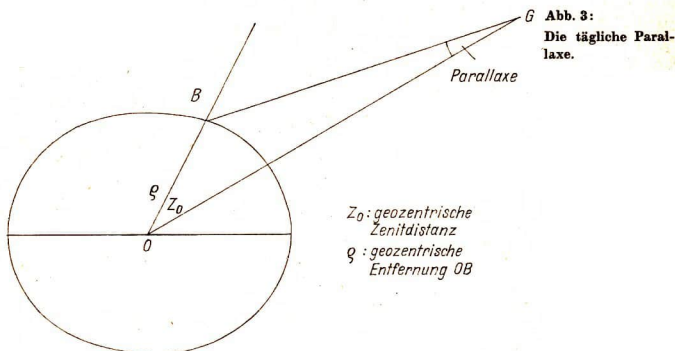
Für die bloße Aufsuchung von Objekten am Himmel und für die Einstellung parallaktischer Fernrohre genügen im allgemeinen die **mittleren Koordinaten** der Himmelskörper außerhalb des Planetensystems, wie sie z. B. in [1], [2], [3], [4] und [7] für das Äquinox 1950,0 gegeben sind. Braucht man genauere Gestirnskoordinaten, z. B. für Zwecke der Ortsbestimmung, so muß man eine Reihe von Einflüssen kennen und berücksichtigen, die die Größe von α und δ verändern.

Drei Gruppen solcher Einflüsse sind zu unterscheiden: scheinbare Veränderungen der Koordinaten, die mit der Bindung des Beobachters an die Erdoberfläche zusammenhängen, sodann Veränderungen der Lage des Koordinatensystems (Frühlingspunkt) infolge der Gravitationswirkung benachbarter Himmelskörper auf die abgeplattete Erde und schließlich Eigenbewegungen der Fixsterne.

Von den scheinbaren Veränderungen ist für den Amateurastronomen die **Refraktion**, die Strahlen-

Abb. 2: Das nautische Dreieck.





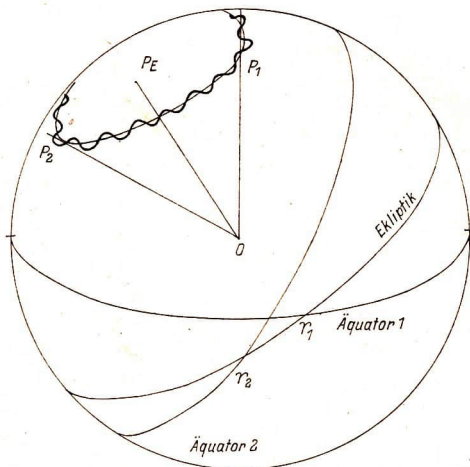
brechung in der Atmosphäre, am wichtigsten. Ihr Einfluß R auf eine gemessene Höhe kann in erster Näherung nach der Formel

$$R = 60'' \cdot \coth' \quad (6)$$

berechnet werden. Zwischen der gemessenen Höhe h' und der vom Refraktionseinfluß befreiten Höhe h besteht die Beziehung

$$h = h' - R \quad (7)$$

Für $h' = 45^\circ$ ergibt sich $R = 1'$, für $h' = 20^\circ$ schon $R = 3'$. Für die genaue Berechnung der Refraktion (auf $1''$) ist die Refraktionstafel in [2], S. 33, zu verwenden. Die Theorie dazu findet man in [5], S. 62–67. Der Einfluß der Refraktion auf α und δ ist in [6], S. 94–95 dargestellt.



F₁ F₂:
Wanderung des Frühlingspunktes in einem Zeitintervall $T_2 - T_1$.

Die zweite Ursache für scheinbare Koordinatenänderungen ergibt sich aus der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit im Verhältnis zur Bewegung des irdischen Beobachtungsstandortes. Die tägliche Drehung der Erde um ihre Achse verursacht die **tägliche Aberration**, während ihre Bewegung um die Sonne die **jährliche Aberration** zur Folge hat. Der Effekt der Aberration ist vergleichbar mit dem Vorhalten beim Schießen auf ein bewegtes Ziel. Die tägliche Aberration bleibt immer unter einer Bogensekunde. Dagegen erreicht die jährliche maximal 0,3 Bogenminuten. Beide bleiben also für die meisten Zwecke des Amateurs ohne Bedeutung. In [5], S. 82–90, und [6], S. 95–105, kann man sich über die Theorie der Aberration informieren und Reduktionsformeln entnehmen für den Fall, daß das Bedürfnis nach Bogensekundengenauigkeit besteht.

Die dritte hier zu nennende Ursache scheinbarer Koordinatenänderungen ist die **Parallaxe**. Sie entsteht dadurch, daß man eine topozentrisch (an einem Punkt der Erdoberfläche) beobachtete Richtung auf den Erdmittelpunkt (Geozentrum) oder auf den Sonnenmittelpunkt (Heliozentrum) reduziert. Die Änderung der beobachteten Richtung infolge Parallaxe entspricht dem Winkel, unter dem der Erdradius (tägliche P.) bzw. der Erdbahnradius (jährliche P.) vom Gestirn aus erscheint. Für Fixsterne ist die tägliche Parallaxe überhaupt nicht und die jährliche Parallaxe für den Amateur nicht meßbar. Letztere bleibt selbst für die nächsten Sterne unter $1''$.

In der Fachastronomie spielen die jährlichen Fixsternparallaxen eine wichtige Rolle bei der Entfernungsbestimmung [10]. Stichwort: Parallaxe. Die tägliche Parallaxe der Sonne ist das Äquivalent für die Astronomische Einheit.

Sofern es sich um die Nachbarn der Erde handelt, nimmt die tägliche Parallaxe Werte an, die auch der Amateur nicht vernachlässigen kann. Ihr Maximalwert heißt Äquatorialhorizontalparallaxe π und wird erreicht, wenn ein Gestirn an einem Ort auf dem Äquator im Horizont steht ($\pi_{\odot} = 8''.794$, $\pi_{\oplus} = 57''.02''$). In [1] ist die Äquatorialhorizontalparallaxe des Mondes direkt, die der Sonne und der Planeten indirekt durch ihre Erdbstände in Astronomischen Einheiten (AE) gegeben. In Abb. 3 ist die tägliche Parallaxe in ihrer Wirkung auf eine gemessene Zenitdistanz z' dargestellt (Höhenparallaxe).

3. Wirkliche Veränderungen der Gestirnskoordinaten

Auf den abgeplatteten Erdkörper üben die außerhalb der Äquatorebene befindlichen Körper des Sonnensystems (insbesondere Mond und Sonne) Kräfte aus, die versuchen, den Winkel zwischen der Äquatorebene und der Richtung nach dem Mond bzw. nach der Sonne zum Verschwinden zu bringen. Die rotierende Erde reagiert auf diese Kräfte wie ein Kreisel. Ihre Achse weicht entsprechend der Kreiseltheorie senkrecht zur angreifenden Kraft aus. Die Folge dieser Präzessionsbewegung ist, daß die Erdschneise sich auf dem Mantel eines Doppelkegels bewegt, dessen Achse nach den Polen der Ekliptik weist und dessen Spitze im Erdmittelpunkt liegt. Mit anderen Worten bedeutet das, daß der Himmelsnordpol sich im Zeitraum von rund 26000 Jahren, einem platonischen Jahr, einmal auf einem Kleinkreis mit dem sphärischen Radius $\epsilon \approx 23''.5$ um den Ekliptikpol bewegt (Abb. 4). Durch diese Bewegung wird auch der Nullpunkt des Äquatorsystems, der Frühlingspunkt, beeinflußt. Er durchläuft im gleichen Zeitraum einmal die Ekliptik im Sinne einer Vergrößerung der Rektaszension. Wegen der Neigung des Äquators gegen die Ekliptik werden auch die Deklinationen durch die Präzession beeinflußt.

Der erwähnte Winkel zwischen der Äquatorebene der Erde und den Richtungen nach Mond und Sonne unterliegt infolge der Revolution der Erde um die Sonne und des Mondes um die Erde periodischen Veränderungen. Neben der stetigen Präzession des Frühlingspunktes auf der Ekliptik um jährlich rund $50''$ ist also noch ein mit verschiedenen Perioden wechselnder Einfluß zu verzeichnen, der als Nutation bezeichnet wird und eine pendelnde Bewegung des Himmelsnordpols um den erwähnten Kleinkreis um den Ekliptikpol mit einer Amplitude von $9''$ bewirkt (Abb. 4).

Die Theorie der Präzession und Nutation kann in [5], S. 90–107, oder in [6], S. 122–138, nachgelesen werden.

Für die praktische Anwendung, also für die Verbesserung gegebener mittlerer Sternörter, die für das Äquinox 1950,0, d. h. für die Lage des Koordinatensystems relativ zu den Sternen am Anfang des Jahres 1950 gelten, kann man sich wegen des Präzessionseinflusses der bequemen Tafeln in [2], S. 40–42, oder in [7], S. 427–430, bedienen, die die jährlichen Koordinatenänderungen in α und δ als Funktion der äquatorialen Koordinaten enthalten.

Folgendes Beispiel möge den praktischen Gebrauch der Tafeln demonstrieren:

Für den Stern Deneb (α Cygni) sind in [2], S. 94, oder in [7], S. 460, die mittleren Koordinaten α und δ für das Äquinox 1950,0 gegeben:

$$\alpha_{1950,0} = 20^{\text{h}}39^{\text{m}}7 \quad \delta_{1950,0} = +45^{\circ}06'$$

Nach [2], S. 40–42 oder [7], S. 427–430, ergeben sich die Präzessionsanteile

$$p_{\alpha} = 2.03 \quad p_{\delta} = +12.9 \text{ pro Jahr}$$

Wenn der Ort des Sterns für die Jahresmitte 1973 (= Lage des Koordinatensystems für das Äquinox 1973,5) gesucht ist, so ergeben sich folgende Koordinatenänderungen gegenüber 1950,0 ($\Delta t = 23,5$ Jahre)

$$23,5 p_{\alpha} = 48.7 = 0^m 8 \quad 23,5 p_{\delta} = 303'' = 5'.$$

Die gesuchten mittleren Koordinaten für Deneb lauten also:

$$\alpha_{1973,5} = 20^h 40^m 5 \quad \delta_{1973,5} = 45^{\circ} 11'.$$

Die Eigenbewegung des Deneb liegt während des betrachteten Zeitraums weit unter einer Bogensekunde. Im allgemeinen gilt, daß bei Rechnungen mit einer Genauigkeit von Bogenminuten die Eigenbewegungen (EB oder μ) vernachlässigt werden können. Immerhin ist zu beachten, daß Deneb zwar nur eine EB von $0,001''/\text{Jahr}$ aufweist, daß diese jedoch bei Arktur die Größe $2,2''/\text{Jahr}$ ausmacht. In den Sternlisten in [2], S. 88–106, in [7], S. 438–494, und im Katalog [4] sind die Eigenbewegungskomponenten μ_{α} und μ_{δ} für 1 Jahr bzw. für 100 Jahre gegeben.

4. Zeitsysteme

4.1. Wahre Zeit, mittlere Zeit, Weltzeit

Die bürgerliche Zeitrechnung basiert auf der Rotation der Erde und ist durch den Stundenwinkel der Sonne festgelegt. Man kann den Erdkörper als Uhr auffassen, deren Zeiger die Meridianebene ist. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen dieses Zeigers durch die Sonne definiert den Sonnentag. Der Sonnentag beginnt mit der unteren Kulmination der Sonne um Mitternacht. Die Phase der Erddrehung gibt den jeweiligen Zeitpunkt in Ortszeit an.

Die scheinbare Bewegung der Sonne im Laufe eines Jahres ist aus zwei Gründen ungleichmäßig: erstens ist sie wegen des 2. Keplerschen Gesetzes im Perihel (Winter auf der Nordhalbkugel) schneller als im Aphel und zweitens findet sie in der Ekliptik statt und nicht im Äquator, in dem der Stundenwinkel gezählt wird. Deshalb ist die **wahre Sonnenzeit** oder kurz die **wahre Zeit**

$$WZ = t_w \pm 12^h \quad (8)$$

(t_w = Stundenwinkel der wahren Sonne)

eine ungleichförmige Zeit, die für die täglichen Bedürfnisse nicht brauchbar ist. (Lediglich Sonnenuhren zeigen wahre Zeit an.)

Zur Definition einer gleichförmigen **mittleren Zeit** MZ wird eine fiktive **mittlere Sonne** eingeführt, die von den beiden genannten jährlichen periodischen Ungleichförmigkeiten befreit ist. Die mittlere Sonne bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit im Äquator.

Es gilt

$$MZ = t_{\odot} \pm 12^h \quad (9)$$

($t_{\odot}$ = Stundenwinkel der mittleren Sonne).

Die Differenz WZ minus MZ wird als Zeitgleichung bezeichnet. Im Sternkalender [1] erhält man sie, indem man die Werte der Spalte „Kulmination der Sonne auf 15° östl. Länge in MEZ“ zu $12^h 00^m 00^s$ ergänzt.

Die mittlere Zeit wird aus praktischen Gründen nicht als Orts-, sondern als Zonenzeit verwendet. Der erwähnte Zeiger der Erduhr wird also durch gewisse Meridiane mit runder Gradzahl dargestellt ($\lambda = 0^{\circ}, 15^{\circ}, 30^{\circ}$ usw.). Die mittlere Ortszeit für Greenwich ($\lambda = 0^{\circ}$) heißt Weltzeit (UT) oder auch Mittlere Greenwicher Zeit (GMT). Für die DDR und ihre Nachbarstaaten ist die Mitteleuropäische Zeit (MEZ) eingeführt.

4.2. Weltzeit, Ephemeridenzeit, Atomzeit

Leider ist auch die Weltzeit kein gleichförmiges Zeitmaß, da sie mehr oder weniger exakt periodisch ablaufenden Schwankungen mit etwa jährlicher Periode (jahreszeitliche Rotationszeitschwankungen und Einfluß der Polbewegung) unterliegt. Entsprechend ihrer Definition [10] (Stichwort Zeit), ist die Ephemeridenzeit im physikalischen Sinne eine Newtonsche (gleichförmig ablaufende) Zeit, da sie nicht von der Dauer der Rotation, sondern von der Dauer eines bestimmten Umlaufs der Erde um die Sonne (tropisches Jahr für 1900, Januar 0.12 Uhr Ephemeridenzeit) abgeleitet wird.

Über die Beziehung zwischen Weltzeit UT und Ephemeridenzeit ET, die auch für den Amateur-astronomen von Bedeutung ist, sind im Sternkalender [1] jährlich Angaben zu finden. Die Problema-

tik der praktischen Anwendung der genauen Ephemeridenzeit liegt in der Schwierigkeit, die Differenz

$$\Delta T = ET - UT \quad (10)$$

zu bestimmen. ΔT kann wegen langfristiger nichtperiodischer Veränderungen der Rotationszeit der Erde (Akzeleration und Fluktuationen), die außer den oben erwähnten periodischen Schwankungen zu verzeichnen sind, nur nachträglich aus Beobachtungen (z. B. Sternbedeckungen) abgeleitet werden. Deshalb ist der exakte Wert ΔT im Sternkalender [1] erst nach 4 Jahren angebar.

Wegen dieser Unverträglichkeit mit der Forderung der jederzeitigen Reproduzierbarkeit an eine physikalische Grundgröße wurde die Ephemeridensekunde als amtliche Zeiteinheit 1964 durch die Atomsekunde abgelöst.

Über die hier nicht erläuterten näheren Zusammenhänge der Zeitsysteme Weltzeit, Ephemeridenzeit und Atomzeit kann in [9] nachgelesen werden.

4.3. Weltzeit und Sternzeit

Verwendet man für die in 4.1. erwähnte Vorstellung der Erde als Uhr nicht die Sonne, sondern den Frühlingspunkt als Bezugspunkt, so dient dessen Stundenwinkel t_F zur Definition der Sternzeit SZ oder Θ . Nach Abb. 1 ist die Sternzeit außerdem festgelegt durch die Summe des Stundenwinkels α eines Sterns und seiner Rektaszension α

$$\Theta = \alpha + t = t_F \quad (11)$$

Da die Sonne auf ihrer scheinbaren Bahn in der Ekliptik täglich um etwa $0^{\circ}986$ fortschreitet, ist der mittlere Sonnentag rund $3^m56^s.6$ länger als der Sterntag. Um diesen Betrag bleibt eine MZ-Uhr täglich gegenüber einer SZ-Uhr zurück. Entsprechend den gegebenen Zeitdefinitionen stimmen beide Zeitsysteme einmal im Jahr überein, nämlich zur Herbsttagundnachtgleiche.

Während die mittlere Sonnenzeit immer als Zonenzeit verwendet wird, ist die Sternzeit stets eine Ortszeit.

Die Umrechnung von MZ (MEZ oder UT) und SZ ineinander ist eine vom Amateur häufig zu lösende Aufgabe. Hilfsmittel hierfür sind der Sternkalender [1], die Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen [2] und das sowjetische Handbuch für Liebhaberastronomen [7]. Zur Veranschaulichung des Umrechnungsvorganges diene folgendes Beispiel:

Gegeben: 1972, September 17⁴ 20^h18^m25^s.3 MEZ

Gesucht: Ortssternzeit Dresden Technische Universität

($\lambda = 54^m55^s.1$) für den gegebenen Zeitpunkt.

Gegebener Zeitpunkt in MEZ:	20 ^h 18 ^m 25 ^s .3
Umrechnung in Weltzeit UT:	19 18 25,3
Sternzeit 0 ^h UT 1972, Sept. 17:	23 44 05,8 [1], 1972 S. 64
10 ^h 18 ^m 25 ^s .3 MZ in SZ umgerechnet:	+19 21 35,6 [2], S. 28
Geographische Länge λ :	+ 54 55,1
Ortssternzeit Dresden im gegebenen Moment:	20 ^h 00 ^m 36 ^s .5

Zum gegebenen Zeitpunkt in MEZ ist die Ortssternzeit für Dresden, Technische Universität 20^h00^m36^s.5.

Als Beispiel für die umgekehrte Aufgabe, die Umrechnung von Ortssternzeit in MEZ wird die Probe zu obiger Rechnung durchgeführt:

Ortssternzeit Dresden ($\lambda = 54^m55^s.1$):	20 ^h 00 ^m 36 ^s .5
Geographische Länge λ :	- 54 55,1
Ortssternzeit Greenwich:	19 05 41,4
Sternzeit 0 ^h UT:	-23 44 05,8 [1], 1972 S. 64
Selbst 0 ^h UT vergangene Sternzeit:	19 21 35,6
Weltzeit:	19 18 25,3 [2], S. 29
MEZ:	20 18 25,3

Die genäherte Sternzeit kann man auch ohne alle Hilfsmittel bestimmen. Ausgehend davon, daß zu Herbstanfang MZ und SZ übereinstimmen, daß sie zu Frühlingsanfang um 12 Stunden differieren und daß die Sternzeit monatlich gegenüber der mittleren Zeit 2 Stunden vorausseilt, ergeben sich (abgesehen von Verschiebungen um einige Minuten) die in Tabelle 2 angeführten Ortszeiten auf 15° Länge für 20^h MEZ für verschiedene Daten. Da die Sternzeit eine Ortszeit ist, muß von den Tabellen-

Tabelle 2: Beziehung zwischen MEZ und Sternzeit

Datum	Ortssternzeit auf 15° östl. Länge um 20.00 MEZ	Datum	Ortssternzeit auf 15° östl. Länge um 20.00 MEZ
20. Januar	4 ^h 00 ^m	22. Juli	16 ^h 00 ^m
20. Februar	6 ^h 00 ^m	21. August	18 ^h 00 ^m
22. März	8 ^h 00 ^m	21. September	20 ^h 00 ^m
22. April	10 ^h 00 ^m	21. Oktober	22 ^h 00 ^m
22. Mai	12 ^h 00 ^m	21. November	0 ^h 00 ^m
22. Juni	14 ^h 00 ^m	21. Dezember	2 ^h 00 ^m

werten der Längenunterschied zwischen dem Beobachtungsort und dem Meridian 15° östl. Länge abgezogen werden.

Eine andere einfache, praktische Methode, die grob genäherte Sternzeit direkt am Himmel abzulesen, besteht in folgendem: Man denkt sich um den Polarstern ein 24-Stunden-Zifferblatt, bei dem der 0^h-Strich in die Richtung Pol-Zenit fällt. Als Stundenzeiger dient der vom Pol nach dem Frühlingspunkt verlaufende Stundenkreis, den man sich am Himmel durch die Verbindung Polarstern – β Cassiopeiae (westlichster Stern des Himmels-W) dargestellt denken kann.

5. Sternatlanten und Sternkataloge

Der Sternatlas ist ein wichtiges Arbeitsmittel des Amateurs. Mit seiner Hilfe kann die Orientierung am Himmel präzisiert werden, namentlich kann die Lage besonderer Erscheinungen und Objekte am Himmel eingeordnet werden.

Die allgemeine Einrichtung ist bei den verschiedenen Sternatlanten weitgehend gleich. Auf mehreren Blättern sind die einzelnen Deklinationszonen der Himmelskugel in unterschiedlichen Kartennetzentwürfen untergebracht. Die Polkalotten im Deklinationsbereich $90^\circ > \delta > 50^\circ \dots 30^\circ$ sind in azimutaler Abbildung (kreisförmig) dargestellt, während für die Äquatorzone $+30^\circ \dots 40^\circ > \delta > -30^\circ \dots 40^\circ$ die zylindrische Abbildung (rechteckig) gewählt wird. In einigen Atlanten wird für die mittleren Deklinationen noch ein Kegelentwurf (Sektor eines Kreises) angewendet.

Der Benutzer des Sternatlas muß wissen, daß alle Sternkarten durch die Abbildung von Kugelzonen in die Ebene Verzerrungen aufweisen, die umso größer sind, je weiter eine Himmelsgegend vom Berührungspunkt bzw. -kreis zwischen Kugel und Ebene (Pol oder Äquator) entfernt ist. Das ist zu beachten, wenn man Sternkonfigurationen im Atlas und am Himmel miteinander vergleicht.

Die Koordinaten aller in den letzten Jahrzehnten erschienenen Sternatlanten gelten für das Äquinox 1950,0. In älteren Werken kann ein früheres Äquinox gewählt sein. In naher Zukunft werden Himmelsatlanten und Sternkarten für das Äquinox 2000,0 erscheinen.

Die durch Präzession hervorgerufene Koordinatenveränderung (s. Zahlenbeispiel in Abschn. 3.) muß bei der Eintragung eines Objektes (z. B. eines Kometen), welches in einem gegenwärtigen Äquinox gegeben ist, in eine ältere Sternkarte unter Umständen berücksichtigt werden. Tut man das nicht, so muß man bei schwachen Objekten mit Schwierigkeiten sowohl beim visuellen Aufsuchen, als auch bei der Identifikation auf der Photoplatte rechnen.

Die wichtigsten, zur Zeit in Gebrauch befindlichen Sternatlanten sind:

- Kohl, O., und Felsmann, G.: Atlas des gestirnten Himmels für das Äquinoktium 1950, Akademie-Verlag Berlin 1956, 15 M.
- Bečvář, A.: Atlas Coeli 1950,0, Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha 1958. (Sterne bis 7^m75), 18,30 M.
- Bečvář, A.: Atlas Borealis 1950,0, Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha 1962 (Sterne bis 10^m), 28 M.
- Bečvář, A.: Atlas Edipitcalis 1950,0, Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha 1958 (Sterne bis 10^m), 38,30 M.
- Michailov, A.: Zvezdnyj atlas (Sternatlas) (enthält alle Sterne der Nord- und Südhalkugel bis zur 8,25. Sterngröße). 3. Auflage Verlag „Nauka“, Moskau 1969.
- Michailov, A.: Zvezdnyj atlas (Sternatlas) (Vier Karten des Sternhimmels bis 50° südliche Deklination, enthält alle Sterne bis 5,5. Sterngröße). 4. überarbeitete Auflage, Verlag „Nauka“ Moskau 1965, 1,25 M.
- Götz-Schurig: Tabulae caelestis. 7. Auflage 1942 (neu herausgegeben von K. Schaifers, Verlag Bibliographisches Institut Mannheim 1960).
- Marx, S., und Pfau, W.: Sternatlas. I. A. Barth, Leipzig, 27 M.

Die Sternatlanten enthalten neben den Positionen der Fixsterne noch eine Reihe weiterer Angaben, wie Namen der Sternbilder, Sternhelligkeiten, Doppelsterne, Veränderliche Sterne, Sternhaufen, Nebel, Galaxien, Radioquellen, Verlauf der Milchstraße usw.

Neben den Sternatlanten gibt es noch Spezialkartenwerke einzelner Himmelskörper. Zwei wertvolle Mondkartenwerke sind:

Lohrmann, W. G.: Mondkarte in 25 Sektionen, Herausgeber P. Ahnert, Verlag J. A. Barth, Leipzig 1963.

Lipskij, J. N., (Herausgeber): Fotokarta vidimogo polušarja Luny (Photographische Karte der sichtbaren Mondhalbkugel), Verlag „Nauka“ Moskau 1967 (80 × 104 cm²).

Das Bedürfnis des Astroamateurs nach Sternkoordinaten wird im allgemeinen durch seinen Sternatlas befriedigt. Darüber hinaus stehen ihm im Sternkalender [1] die mittleren Orte von 77 Sternen heller als 2^m5 für das Äquinox des jeweiligen Jahresanfanges mit Bogensekundengenauigkeit und in den Beobachtungsobjekten [2] die mittleren Orte 1950,0 von 614 Fixsternen heller als 4^m5 mit Bogenminutengenauigkeit zur Verfügung. Letztere Liste entspricht in Umfang und Genauigkeit dem Katalog von Fixsternen, der im sowjetischen Handbuch für Liebhaberastronomen [7], S. 437 bis 481 und 495–504, gegeben ist und der ähnlich wie die Sternliste in [2] noch eine Reihe weiterer Angaben enthält, z. B. Spektralklasse, Farbenindizes, Parallaxen, Eigenbewegungskomponenten, Radialgeschwindigkeiten sowie galaktische Koordinaten.

Bei der Benutzung von Koordinaten des Äquinox 1950,0 ist die Präzession (s. Abschn. 3.) zu berücksichtigen.

Der Katalog des Amateurastronomen für hohe Ansprüche ist:

Bečvář, A.: Atlas coeli II-Katalog 1950,0, Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha 1960, 13 M.

Sollte sich der Amateur z. B. im Zusammenhang mit Ortsbestimmungsaufgaben vor die Notwendigkeit der Beschaffung von Koordinaten mit Bogensekundengenauigkeit gestellt sehen, bei denen alle in 2. und 3. genannten Reduktionen (außer Refraktion und täglicher Aberration) vom mittleren auf den scheinbaren Ort angebracht sind, so wird er am besten ein astronomisches Jahrbuch zur Hand nehmen. Das erspart ihm die mühsame Rechenarbeit der Reduktion des mittleren Ortes auf den scheinbaren Ort der Beobachtungsepoche.

(Will ein Amateur dennoch einmal selbst die Reduktion eines mittleren Ortes vornehmen, so findet er in [6], S. 138–147, oder in [8], S. 150–151, die nötigen Formeln und Erklärungen).

Das sowjetische astronomische Jahrbuch ist das geeignetste Werk zur mühelosen Entnahme der scheinbaren Fixsternkoordinaten, die für genaueste astronomische Ortsbestimmungsarbeiten mit einer Genauigkeit von einer Bogensekunde zu verwenden sind. Es trägt die Bezeichnung:

Astronomičeskij ežegodnik SSSR na 19... god (Astronomisches Jahrbuch der UdSSR für das Jahr 19...) Verlag „Nauka“ Zweigbetrieb Leningrad 19..., 35,00 M.

Dieses Jahrbuch kann man über die Buchhandlungen „Interbuch“ erwerben oder bei einer Sternwarte einsehen, wo auch andere Jahrbücher und Kataloge vorhanden sind. Zur Entnahme der scheinbaren Koordinaten der Körper des Sonnensystems genügt der Sternkalender [1].

Literatur:

- [1] Ahnert, P., Kalender für Sternfreunde. Leipzig (jährl.).
- [2] Ahnert, P., Beobachtungsobjekte für Liebhaberastronomen. Leipzig 1968.
- [3] Bečvář, A., Atlas coeli 1950,0. Praha 1958.
- [4] Bečvář, A., Atlas coeli II – Katalog 1950,0. Praha 1960.
- [5] Dick, J., Grundtatsachen der sphärischen Astronomie. Leipzig 1965.
- [6] Kulikov, K. A., Kurs sferičeskoj astronomii (Kurs der sphärischen Astronomie). Moskau 1969.
- [7] Kulikowakij, P. G., Spravočnik ljubitelja astronomii (Handbuch des Liebhaberastronomen). Moskau 1971.
- [8] Roth, G. D. (Herausgeber), Handbuch für Sternfreunde. Berlin–Heidelberg–New York 1967.
- [9] Steinert, K.-G., Zeitmessung. Karteikarten in: Astronomie in der Schule 5 (1968), Heft 2 und 6 (1969), Heft 2.
- [10] Weigert, A., und Zimmermann, H., Brockhaus ABC der Astronomie. Leipzig 1960.

Der kosmische Staub und seine Rolle bei der Sternentstehung

Dr. JOHANN DORSCHNER

Mehr als 99% der Materie im überschaubaren Bereich der Welt liegen anscheinend in Form von Gas vor. Zum überwiegenden Teil ist dieses Gas in Sternen „organisiert“, nur wenige Prozent davon sind zwischen den Sternen, im interstellaren Raum, oder in unmittelbarer Nachbarschaft von Sternen, im zirkumstellaren Raum, diffus verteilt. In den wolkig strukturierten interstellaren Gasmassen sind auch winzige Staubpartikeln eingebettet. Ebenso findet man im zirkumstellaren Raum, vor allem bei jungen Sternen, erhebliche Staubansammlungen. An der Masse des Milchstraßensystems macht zwar der kosmische Staub nur Promille aus, die Astronomen messen jedoch seiner Erforschung große Bedeutung bei. Das rührt erstens daher, daß Herkunft und Beschaffenheit dieser Komponente der kosmischen Materie noch unbekannt sind. Zweitens deutet eine ständig wachsende Anzahl von Beobachtungsfakten und theoretischen Überlegungen darauf hin, daß dem Staub eine erhebliche kosmogonische Bedeutung zukommt, daß er beispielsweise bei der Entstehung von Sternen eine wichtige Rolle spielt.

In diesem Artikel sollen zunächst die wesentlichen Beobachtungstatsachen über den interstellaren und zirkumstellaren Staub behandelt werden. Im Anschluß daran werden die wichtigsten Hypothesen über Entstehung und Chemismus der Staubteilchen diskutiert. Schließlich soll die kosmogonische Rolle des kosmischen Staubes zur Sprache kommen. Da 1969 SCHMIDT [1] bereits über die Problematik der Erforschung des interstellaren Staubes berichtete, werden wir uns im folgenden vor allem auf die großen Fortschritte, die die Erforschung des zirkumstellaren Staubes in den letzten Jahren gemacht hat, konzentrieren.

Phänomenologie des interstellaren und zirkumstellaren Staubes

Extinktions- und Absorptionserscheinungen

Am augenfälligsten tritt der kosmische Staub durch seine lichtschwächende (extinguierende) Wirkung in Erscheinung. Aufnahmen extragalaktischer Sternsysteme zeigen eindrucksvolle Strukturen, die durch die Extinktion des interstellaren Staubes in diesen Systemen verursacht werden. Wenn auch die Astronomen heute noch nicht in der Lage sind, die Regeln, nach denen sich der Staub offensichtlich in einem Sternsystem verteilt, theoretisch völlig zu verstehen, so lassen doch die Beobachtungsergebnisse erkennen, daß Staubpartikeln anscheinend eine wichtige Rolle im „Leben“ einer Galaxis spielen.

Auch in unserem Milchstraßensystem treten analoge großräumige Extinktionserscheinungen auf. Der nahe der Milchstraßenebene konzentrierte Staub „verstellt“ den Blick nach außen und verursacht die von HUBBLE entdeckte „nebelfreie Zone“ längs der Milchstraße, in der keine extragalaktischen „Nebel“ zu sehen sind. Hinter dichten Staubkomplexen ist auch das Zentrum des Systems verborgen. Lediglich Infrarot- und Radiostrahlung vermögen diesen „Staubvorhang“ zu durchdringen. Einzelne Staubwolken treten als „Löcher“ in der Sternverteilung oder als schwarze Figuren, die sich auf helle Nebel projizieren, in Erscheinung. Diese Dunkelwolken sind leicht auf photographischen Aufnahmen von Milchstraßenfeldern zu finden.

In den Jahren 1929/30 konnten SCHALÉN [2] und TRÜMLER [3] zeigen, daß es neben dieser starken Lichtschwächung in einzelnen Gebieten auch eine weniger auffällige, allgemeine interstellare Extinktion im gesamten Bereich der Milchstraße gibt. Diese Extinktion stellte sich als wellenlängenabhängig heraus. Da von dem eine Staubsammlung passierenden Sternlicht die kürzeren Wellen stärker als die längeren geschwächt werden, erscheinen die dahinter stehenden Sterne nicht nur lichtschwächer, sondern auch „rötler“. Daher bezeichnet man die Abhängigkeit des Extinktionsbetrages (gemessen in Größenklassen) von der Wellenlänge als Verfärbungsgesetz. Seine genaue Kenntnis ist notwendig, um die wahren Farben der Sterne und ihre Entfernungen bestimmen zu können.

Das Verfärbungsgesetz stellt bis heute den wichtigsten Schlüssel zur Erforschung der Eigenschaften der interstellaren Staubteilchen dar. Aus seinem Verlauf lassen sich Aussagen über die Größe der Partikeln gewinnen. Bereits zu Beginn der 1930er Jahre wurde von ÖPIK [4], SCHALÉN [5] und SCHOENBERG und JUNG [6] das interessante Ergebnis gefunden, daß die Abmessungen der interstellaren Staubteilchen von gleicher Größenordnung wie die Lichtwellenlänge sein sollten. Leider macht das Verfärbungsgesetz keine eindeutigen Aussagen über die chemische Beschaffenheit der Teilchen.

Seit den fünfziger Jahren stießen verschiedene Astronomen immer wieder auf Anzeichen (s. [7]), daß eine ganze Reihe von jungen Sternen der Spektralklassen O und B von extinguierenden Hüllen um-

Abb. 3:

Spuren von Teilchen der Kosmischen Strahlung mit $Z > 30$ in einem Silikatmineral des Mondbodens. Die etwa $50\text{ }\mu\text{m}$ langen Spuren sind mit Spuren von Teilchen kleineren Z durchsetzt (typische Länge einer Eisenspur $12\text{ }\mu\text{m}$).

Aus: U. Bandhari und J. Goswami, Nucl. India 10 (1972) No. 7.

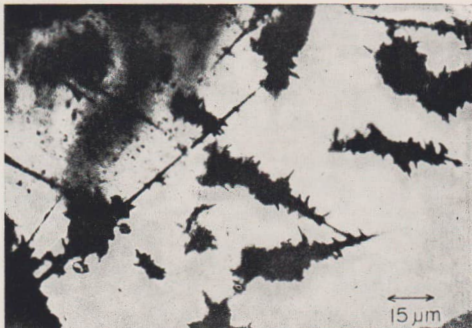


Abb. 5:

Nach der Wechselwirkung eines kosmischen Teilchens mit $E > 100\text{ GeV}$ entstehende Sekundärteilchen in der 2m-Wasserstoffblasenkammer des CERN.

Nach CERN PI 80.12.70 aus CERN-Courier 10 (1970) 384.

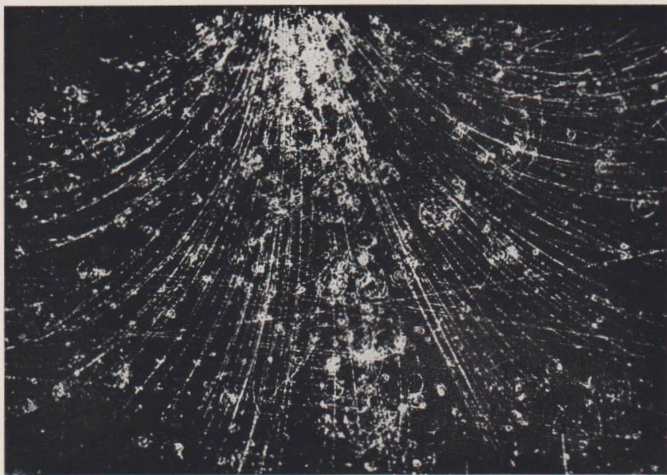
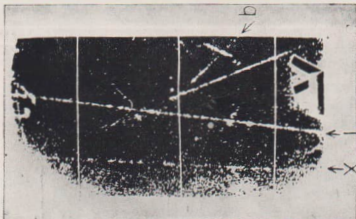


Abb. 6:

Nebelkammeraufnahme eines Quark-Kandidaten (X), die Spur des normalgeladenen Teilchens weist eine höhere Ionisierung auf (I). Aus ref. [2].



**Zum Beitrag „Nachweis
der Kosmischen Strahlung“, S. 97**

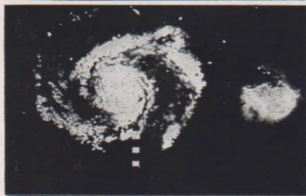


Abb. 2, oben: Dunkelwolken, projiziert auf den Gasnebel bei γ Cygni. Aufnahme: KARL-SCHWARZSCHILD-Observatorium Tautenburg. Instrument: 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop des VEB Carl Zeiss JENA.

Abb. 1, links und rechts oben:

Durch Staubextinktion verursachte charakteristische Strukturen in extragalaktischen Sternsystemen. a) M 51 mit dunklen Bändern längs der Spiralarme (s. Pfeil); b) NGC 1300 mit dunklem Streifen in den Balken (s. Pfeile); c) NGC 4594 mit regelmäßig begrenzter extinglierender Schicht in der Symmetrieebene; d) NGC 891 mit unregelmäßig begrenzter Schicht; e) NGC 5128 (Kern der Radioquelle Centaurus A) mit unregelmäßig begrenztem dunklem Ring.



1b



1c



1d



1e

Zum Beitrag „Der kosmische Staub“, S. 112

Zum Beitrag
„Mission
Mariner 10“,
S. 119

UV-Aufnahme der
vollbeleuchteten
Venusoberfläche
(mit Wolkenschicht).





Abb. 5: Staubnebel um die Plejadensterne. Aufnahme: KARL-SCHWARZSCHILD-Observatorium Tautenburg. Instrument: 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop des VEB Carl Zeiss JENA.

Zum Beitrag „Der kosmische Staub“, S. 112

geben sein müssen. Bei diesen Sternen ist also die (interstellare) Vordergrundextinktion von einer zirkumstellaren Lichtschwächung überlagert. Bei den O-Sternen, die dieses Phänomen zeigen, beträgt die Extinktion dieser Staubböhlen ungefähr 1 m ; der Hüllendurchmesser ist wahrscheinlich kleiner als 1 pc . Trotzdem sind darin, wie theoretische Abschätzungen zeigen, einige Sonnenmassen an staubförmigem Material gespeichert. Da diese heißen Sterne erst vor wenigen Millionen Jahren entstanden sind, kann es sich nur um Staub handeln, der entweder bei der Sternentstehung übrig geblieben ist oder erst während dieses Prozesses gebildet wurde. Aus diesen und anderen Beobachtungsdaten postulierten DAVIDSON und HARWIT [8], daß massereiche Sterne bei ihrer Entstehung von einem völlig undurchsichtigen Gas-Staub-Nebel hoher Dichte umgeben sind, der sich später auflöst. Für diese Erscheinung prägten sie den anschaulichen Begriff „Kokon“.

Neben der kontinuierlichen Extinktion ist der interstellare Staub wahrscheinlich auch für die Absorption von Licht bei diskreten Wellenlängen verantwortlich. So findet man in den Spektren zahlreicher vom interstellaren Staub verfärbter Sterne einige ungewöhnlich breite Absorptionsbanden (z. B. bei den Wellenlängen $4430\text{ \AA}$, $4760\text{ \AA}$, $4890\text{ \AA}$ und $6180\text{ \AA}$) und zahlreiche verwaschene Linien, deren Identifikation trotz jahrzehntelanger intensiver Bemühungen nicht gelang. Viele Forscher neigen heute zu der Ansicht, daß diese diffusen Banden und Linien von Absorbern herrühren, die sich auf oder in den interstellaren Staubeinheiten befinden. Kürzlich unterbreiteten unabhängig voneinander verschiedene Autoren, darunter auch der Verfasser dieses Artikels, den Vorschlag, daß zumindest die breiten Banden von Übergangsmetallionen, die in die Gitter interstellarer Silikateinheiten eingebaut sind, herrühren könnten [10]. Silikate spielen heute eine besondere Rolle in der Diskussion um die chemische Beschaffenheit des interstellaren Staubes.

In jüngster Zeit wurden breite Absorptionsbanden im mittleren Infrarot bei 10 und $20\text{ }\mu\text{m}$ Wellenlänge gefunden ([11], [12]). Möglicherweise handelt es sich dabei um die Valenz- beziehungsweise Deformationsschwingungen des SiO_4 -Tetraeders in Silikaten, die wahrscheinlich als Komponente des interstellaren Staubes auftreten. Wir werden im Abschnitt Thermalisierung auf diese Deutungsmöglichkeiten noch zurückkommen.

Neben den erwähnten Extinktions- und Absorptionsphänomenen verursachen interstellare Staubpartikeln unter bestimmten Bedingungen eine schwache lineare Polarisation des Sternlichts, auf die wir aber weiter nicht eingehen wollen.

Lichtstreuung

Der kosmische Staub macht sich auch dadurch bemerkbar, daß er das Sternlicht streut. Befindet sich in oder dicht neben einer Staubsammlung ein heller Stern, so wird der Staub durch sein Streulicht direkt sichtbar und ruft das Phänomen eines Reflexionsnebels hervor. Der bekannteste Staubsammelgebiet dieser Art umgibt die Plejadensterne. Analog der Extinktion wird das blaue Licht in der Regel stärker als das rote gestreut, so daß die meisten Reflexionsnebel „blauer“ als die sie beleuchtenden Sterne aussehen. Das Nebellicht ist außerdem relativ stark linear polarisiert. Auch die Sonne ist übrigens von einem schwach leuchtenden Reflexionsnebel umgeben, der als Zodiakallicht beobachtet werden kann.

Aus der Untersuchung der Reflexionsnebel haben sich wichtige Schlußfolgerungen über den kosmischen Staub ziehen lassen. Es stellte sich heraus, daß man mindestens zwei Sorten solcher Nebel unterscheiden muß, nämlich die, bei denen ein Stern eine zufällig in seiner Nähe befindliche Staubsammlung beleuchtet, und die, bei denen Stern und umgebender Staub durch eine gemeinsame Vorgeschichte zusammengehören.

SCHMIDT [7] konnte nachweisen, daß bei den meisten Reflexionsnebeln entgegen der früheren Ansicht ein genetischer Zusammenhang zwischen Stern und Staubsammelgebiet besteht, daß es sich also eher um ein zirkumstellares als um ein interstellares Phänomen handelt. In Bild 6 (Seite 115) ist dieses für die Klärung der Herkunft des zirkumstellaren Staubes wichtige Ergebnis dargestellt.

Thermalisierung

Durch die schnelle Entwicklung der Infrarotastronomie im letzten Jahrzehnt konnten neue Wege bei der Erforschung des bisher wenig zugänglichen zirkumstellaren Staubes beschritten werden. Feste Partikeln in der Umgebung von Sternen können nämlich, wenn sie in ausreichender Anzahl vorhanden sind, das Sternlicht weitgehend in Infrarotstrahlung umwandeln und somit Infrarotquellen schaffen.

Ein bestimmter Bruchteil der Strahlungsenergie des auf ein Staubeinheitchen fallenden Lichtes wird vom Teilchenmaterial absorbiert und in Wärme umgewandelt, während der Rest als Streulicht wieder emittiert wird. Entsprechend der Temperatur, die sich in den Teilchen einstellt, geben sie wie jeder erwärmte Körper eine kontinuierliche Wärmestrahlung ab, die im idealen Falle mit der des schwarzen Körpers übereinstimmt. Normalerweise wird die Energieverteilung jedoch von der PLANCKschen

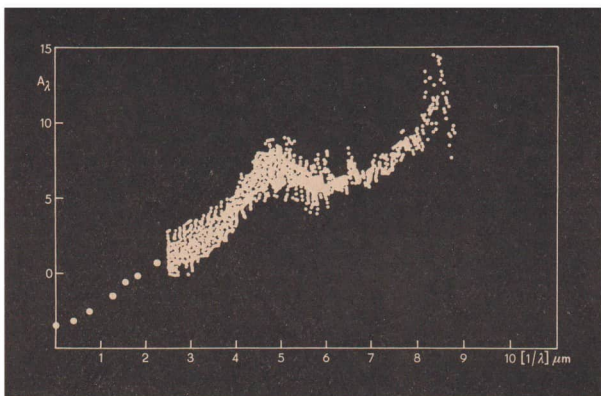
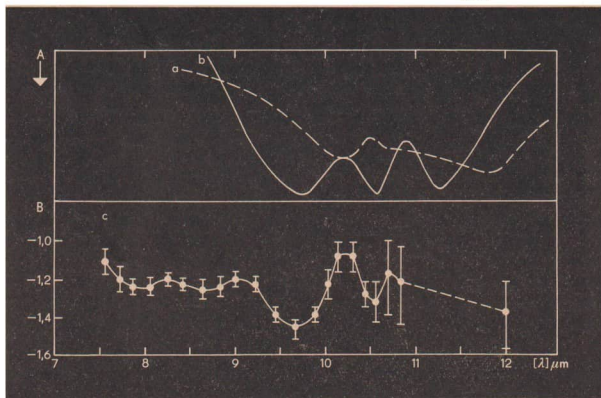


Abb. 3:

Verfärbungsgesetz im Ultravioletten, gemessen mit Hilfe einer Höhenrakete [9]. Über der reziproken Wellenlänge ist der Extinktionsbetrag A_λ in Größenklassen aufgetragen (Normierung: $A_V = 0$, $A_B - A_V = 1^m$). Die großen Punkte markieren den bisher bekannten Verlauf im Sichtbaren und Infraroten; E = Extinktionsbetrag.

Abb. 4:

Absorptionserscheinung bei $10 \mu m$, beobachtet an 119 Tauri [11]. Aufgetragen ist der Strahlungsstrom relativ zu dem von α Orionis in logarithmischem Maßstab. Oberer Teil: Absorptionskurven zweier Silikatminerale (ausgezogene Kurve: Pyroxen, gestrichelte Kurve: Olivin); A = Absorptionsvermögen, $B = \log (F_{119 \text{ Tau}}/F_{\alpha \text{ Ori}})$, $a = (Mg, Fe)_2SiO_4$, $b = (Mg, Fe) SiO_3$, $c = \frac{119 \text{ Tau}}{\alpha \text{ Ori}}$.



Kurve abweichen, weil das Teilchenmaterial Absorptionsbanden aufweist. Im großen und ganzen sollte das Maximum dieser thermischen Eigenstrahlung des Staubes entsprechend dem WIENschen Verschiebungsgesetz aber um so weiter im Infraroten liegen, je tiefer die Teilchentemperatur ist. Die Temperatur regelt sich dabei so ein, daß im Infraroten genau soviel Energie abgestrahlt werden kann, wie an sichtbarem Licht absorbiert wird.

Durch zirkumstellaren Staub thermalisiertes Sternlicht wurde erstmals Mitte der 1960er Jahre beobachtet, als man Sterne mit einem bemerkenswerten Infrarotexzeß fand. So zeigt z. B. der B 7 V-Stern α Leonis einen Infrarotexzeß von 10^7 bei ungefähr $10\text{ }\mu\text{m}$ Wellenlänge. Grobe Abschätzungen zeigen, daß eine zirkumstellare Staubbülle von einigen 10^{16} cm Radius und einer Dichte in der Größenordnung von 10^{-23} g/cm^3 genügt, um durch ihre thermische Eigenstrahlung den Überschuß im Infraroten zu erklären. Auch bei der Sonne konnte ein schwacher Infrarotexzeß, der von den inneren Partien der Zodiakalwolke herrührt, nachgewiesen werden.

Besonders markante Infrarotexzesse treten bei den sehr jungen T-Tauri-Sternen auf. Diese Sterne haben anscheinend das „Kokon“-Stadium gerade verlassen, sind aber in vielen Fällen noch von den Überresten der „Kokons“ in Form durchsichtiger zirkumstellarer Nebel umgeben. Außer in Form auffällig veränderlicher Nebel, in die manche T-Tauri-Sterne eingebettet sind, macht sich der zirkumstellare Staub vor allem in ihrem Infrarotspektrum bemerkbar. Möglicherweise können auch gewisse Komponenten im Lichtwechsel und Polarisationsverhalten dieser Sterne auf zirkumstellaren Staub zurückgeführt werden.

In den letzten drei Jahren fand man bei einer Reihe kühler Überriesen und Riesen (z. B. α Orionis und μ Cephei) eine breite Emissionsbande bei $10\text{ }\mu\text{m}$ Wellenlänge [13]. Verschiedene Astronomen, darunter auch der Verfasser [14], deuteten diese Emissionserscheinung als von den Valenzschwingungen des SiO_4 -Tetraeders, des Grundbausteins der Silikatgitter, herrührend. Diese Banden können dann in Emission auftreten, wenn eine optisch dünne Hülle aus Silikatteilchen einen sehr hellen Stern umgibt. Wenn dieser Identifizierungsvorschlag richtig ist, dann müßten auch die bei $20\text{ }\mu\text{m}$ liegenden Deformationsschwingungen des SiO_4 -Tetraeders beobachtet werden. An α Orionis kürzlich angestellte Messungen [15] ergaben Hinweise, daß die $20\text{ }\mu\text{m}$ -Emissionsbanden vorhanden sind. An Wahrscheinlichkeit gewinnt diese Deutung auch dadurch, daß im Spektrum des Kometen Bennett die $10\text{ }\mu\text{m}$ -Emission gleichfalls nachgewiesen wurde. Die $10\text{ }\mu\text{m}$ - und $20\text{ }\mu\text{m}$ -Banden, die auch in Absorption gefunden wurden (s. Abschnitt Extinktions- und Absorptionserscheinungen), bieten, sofern die vorgetragene Interpretation weiteren Untersuchungen standhält, erstmalig konkrete Anhaltspunkte über den Chemismus des kosmischen Staubes. Wenn noch mehr Beobachtungsmaterial zu diesem Problemkreis gesammelt ist, ergibt sich die sicherlich nicht uninteressante mineralogische Aufgabe, nach den Silikatmineralen zu suchen, deren Banden die beobachteten $10\text{ }\mu\text{m}$ - und $20\text{ }\mu\text{m}$ -Profile am besten wiedergeben und die darüber hinaus auch zwanglos die im sichtbaren Spektralbereich beobachteten Absorptionsbanden erklären können.

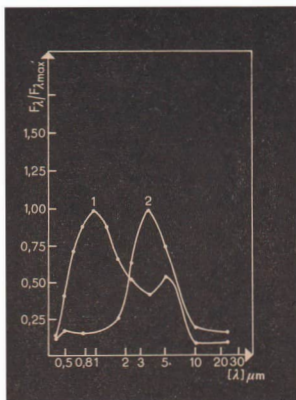
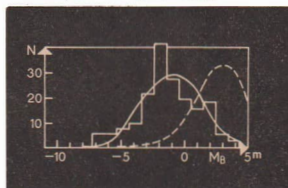


Bild 7 links: Infrarotstrahlungsstrom (in relativem Maß) von T Tauri (Kurve 1) und R Monocerotis (Kurve 2) nach [16]. Die Maxima bei $\lambda = 4\text{ }\mu\text{m}$ und $\lambda = 10\text{ }\mu\text{m}$ werden als thermische Staubstrahlung zirkumstellarer Hüllen interpretiert.

Abb. 6 unten: Häufigkeit N der Reflexionsnebel über der absoluten Helligkeit M_B der beleuchtenden Sterne. Treppenkurve: beobachtete Häufigkeitsverteilung; ausgezogene Kurve: zu erwartende Häufigkeitsverteilung beim Vorliegen eines genetischen Zusammenhanges; gestrichelte Kurve: dasselbe für zufällige Begegnungen zwischen Stern und Staubböle.



Herkunft und Beschaffenheit des kosmischen Staubes

Kalte Staubentstehung

Die Beschaffenheit des interstellaren und zirkumstellaren Staubes stellt ein bisher von der astronomischen Forschung noch ungelöstes Problem dar. Bis heute gibt es darüber und auch über die Herkunft der Staubpartikeln nur Hypothesen in Form verschiedener Staubmodelle. Sie lassen sich in drei Gruppen einordnen, die wir im folgenden als den „kalten“, „heißen“ und „zirkumstellaren Weg“ der Staubentstehung bezeichnen wollen.

In den Jahren 1946 und 1949 begründeten OORT und VAN DE HULST ([18], [19]) den kalten Weg und postulierten das Staubmodell, das später das „klassische“ genannt wurde. Nach ihren Vorstellungen sollen die Staubteilchen in den interstellaren Gaswolken durch Kondensation entstehen. Da die Teilchentemperatur, die sich im interstellaren Strahlungsfeld einstellt, nur bei etwa 10 bis 20 K liegen dürfte, also wesentlich niedriger als die des umgebenden Gases ist, kann sich ein Teil der Gasatome auf den Staubteilchenoberflächen niederschlagen. Wenn also auf irgendeine Weise, z. B. durch Molekülbildung, im interstellaren Gas Kondensationskeime entstehen, werden sie ständig auf Kosten des Gases wachsen. Da für das häufigste Element, Wasserstoff, die Teilchentemperatur zum Kondensieren noch zu hoch ist, nahmen OORT und VAN DE HULST an, daß beim zufälligen Auftreten dieser Atome auf Staubteilchenoberflächen ein Teil von ihnen sofort chemisch gebunden wird. Die klassischen Staubteilchen sollten daher aus einem Gemisch gesättigter Wasserstoffverbindungen (H_2O , NH_3 , CH_4 u. a.) bestehen und ungefähr die kosmische Elementenhäufigkeit widerspiegeln.

Neben Wachstums- unterliegen die Staubteilchen auch Zerstörungsprozessen, z. B. beim Zusammenstoß interstellarer Wolken. Die Autoren konnten zeigen, daß sich im Gleichgewicht zwischen Teilchenwachstum durch Kondensation und Teilchenzerstörung bei Wolkenzusammenstößen eine solche Größenverteilung der Staubpartikeln herausbildet, wie sie zur Erklärung des (damals bekannten) Verfarbungsgesetzes benötigt wurde.

Inzwischen wurde eine Reihe von Einwänden gegen das klassische Staubmodell erhoben.

So zeigte sich, daß bei tiefen Temperaturen die chemischen Reaktionen wesentlich träger ablaufen, als OORT und VAN DE HULST annahmen. Es konnte nicht befriedigend geklärt werden, wie sich bei den geringen Gasdichten des interstellaren Raumes als Kondensationskeime geeignete Moleküle bilden können. Weiterhin verläuft der durch Raketenmessungen zugänglich gewordene ultraviolette Teil des Verfarbungsgesetzes anders, als es auf der Grundlage des klassischen Staubmodells vorausgesagt wurde. Es gelang auch nicht, in den Spektren verfarbter Sterne die 3- μ m-Bande von Eis nachzuweisen.

Heiße Staubentstehung

Im Jahre 1962 schlugen HOYLE und WICKRAMASINGHE [20] einen völlig anderen, den heißen Weg der Staubentstehung vor. Sie gingen davon aus, daß in den kühlen Atmosphären der Kohlenstoff in Form von Graphit auskondensieren kann. Die entstandenen Graphitflocken werden vom Druck der Sternstrahlung in den interstellaren Raum geblasen. In der Folgezeit wurden noch andere „feuerfeste“ Stoffe als mögliche Kondensationsprodukte in Sternatmosphären erwogen. Wie FRIEDMANN [21] zeigen konnte, ist Siliziumkarbid in Atmosphären, in denen Kohlenstoff häufiger als Sauerstoff ist, eine weitere, für den heißen Weg geeignete Verbindung.

Dominiert in einer Sternatmosphäre Sauerstoff gegenüber Kohlenstoff und unterschreiten die Temperaturen 1800 K, dann bilden sich nach den Untersuchungen von GILMAN [25] bevorzugt Silikate. Wahrscheinlich läuft dieser Prozeß hauptsächlich in den ausgedehnten Atmosphären der roten Riesen und Überriesen, vor allem der Mira-Veränderlichen, ab. Gerade bei solchen Sternen wurden ja auch die Emissionsbanden bei 10 μ m [13] gefunden und auch andere mit Kondensationsprozessen im Zusammenhang stehende Vorgänge studiert [26].

Wenn Teilchen aus Sternatmosphären in den interstellaren Raum gelangen können — ein Vorgang, dessen Modalitäten nicht vollständig geklärt sind —, dann stellen sie ideale Kondensationskeime für das hier vorhandene Gas dar und sollten sich daher allmählich mit einer Hülle aus Kondensaten umgeben. Auch solche aus „feuerfestem“ Kern und eisartiger Hülle bestehenden Partikeln wurden in den letzten Jahren häufig in die Untersuchungen einbezogen.

Zirkumstellare Staubentstehung

Ein Vergleich der bisher diskutierten Wege der Staubentstehung zeigt, daß beide von einem Bildungsmilieu mit extremen Eigenschaften ausgehen. Während die durchschnittliche interstellare Gasdichte (einige Atome pro cm^3) für spontane Kondensation zu niedrig ist, liegt auch in den kältesten Sternatmosphären die Temperatur so hoch, daß nur ziemlich „exotische“ Verbindungen in der festen Phase

vorliegen können. Als Ausweg wurde daher 1968 von DORSCHNER [22] die Möglichkeit der Staubentstehung im zirkumstellaren Raum vorgeschlagen und von HERBIG [27] und DORSCHNER [23] im einzelnen diskutiert. Ausgangspunkt ist die Vorstellung, daß die Entstehung der meisten Sterne von massiven Kondensationsprozessen in dichten zirkumstellaren Gas-Staub-Nebeln begleitet ist. Bei der Sonne führten diese Vorgänge bekanntlich zur Bildung des Planetensystems. Es gilt heute als sehr wahrscheinlich, daß die meisten Sterne von ähnlichen Systemen umgeben sind. In den genannten Arbeiten wird davon ausgegangen, daß die beim Aufbau größerer Körper im zirkumstellaren Raum übrig gebliebenen Partikeln von der starken Teilchenstrahlung des gerade entstandenen Sterns in den interstellaren Raum geblasen werden. Wie die Beobachtungen an den sehr jungen T-Tauri-Sternen zeigen, kann für solche extrem jungen Sterne eine Teilchenstrahlung erwartet werden, die rund 10^5 mal intensiver ist als der Sonnenwind.

Nach dieser Hypothese ist der interstellare Staub ein Nebenprodukt der Sternentstehung beziehungsweise der „Bauschutt“ von Planetensystemen. Auch ältere Planetensysteme, bei denen der Abfall aus der Entstehungszeit längst weggefeht ist, sind noch in der Lage, den interstellaren Raum mit Staubteilchen zu beliefern. So produzieren die Kleinkörper des Sonnensystems, kleine Planeten, Meteorite und Kometen, auch heute noch, also 4 bis 5 Milliarden Jahre nach der Entstehung des Systems, durch zertrümmernde Zusammenstöße und bei anderen Auflösungsprozessen Staubteilchen, die in den interstellaren Raum gelangen können. Diese Teilchen dürften größtenteils aus Silikaten bestehen. Nach diesen Überlegungen kann der zirkumstellare Raum als ein Speicher für kondensierte Materie angesehen werden, der während der Sternentstehung gefüllt wird. Nach dem Aufklaren des „Kokons“ werden zunächst stoßartig und in großer Anzahl und später kontinuierlich und mit geringerem Ausstoß Staubpartikeln an den interstellaren Raum abgegeben.

Staub und Sternentstehung

Im letzten Abschnitt deutete sich an, daß möglicherweise die Sternentstehung von wesentlicher Bedeutung für die Staubentstehung ist. Die Erforschung des interstellaren Staubes hat aber auch starke Anzeichen dafür geliefert, daß die Staubpartikeln eine bedeutende kosmogonische Rolle spielen. Sie begünstigen z. B. das Instabilwerden von interstellaren Wolken und leiten somit die Sternentstehung ein. Diese Eigenschaft rührt daher, daß Staubpartikeln sehr effektiv eine Gaswolke kühlen können. Sie strahlen nämlich die ihnen durch Stöße übertragene kinetische Energie der Gasatome als Infrarotstrahlung ab und entziehen damit dem Gas ständig Wärmeenergie. Eine interstellare Wolke, die unter der Wirkung ihrer eigenen Schwerkraft zu kontrahieren beginnt, kann vom Staub so stark gekühlt werden, daß sie regelrecht kollabiert. Solange nämlich die Infrarotstrahlung des Staubes ungehindert nach außen entweicht, kann der Gasdruck im Innern nicht so stark ansteigen, daß er die kontrahierende Wirkung der Schwerkraft wesentlich beeinträchtigen kann.

Für das Zustandekommen der Gravitationsinstabilität einer interstellaren Gas-Staub-Wolke spielen dynamische Vorgänge, die zu einer Kompression des Gases führen, eine wesentliche Rolle. Dazu gehören z. B. Stoßfronten, die sich um expandierende H II-Gebiete und beim Zusammenstoß interstellarer Wolken bilden. Solche Wolkenzusammenstöße sind im Gegensatz zu Sternkollisionen relativ häufige Ereignisse. Bei der Untersuchung der Vorgänge, die im Gefolge von Wolkenzusammenstößen auftreten, fand ZIMMERMANN [24] das interessante Ergebnis, daß sich der in den Wolken enthaltene Staub hauptsächlich dort ansammelt, wo die Gasdichte am größten ist. Durch seine Kühleigenschaften kann somit der Staub in der Kompressionszone wesentlich zur Instabilität des Gases beitragen und damit den Anstoß zur Sternentstehung geben.

Hat sich eine instabile Gasansammlung so stark verdichtet, daß die Infrarotstrahlung des Staubes wiederum absorbiert wird, dann kann die Temperatur im Innern beträchtlich ansteigen. Jetzt übernehmen die Staubpartikeln eine völlig andere Funktion. Durch ihre kontinuierliche Extinktion behindern sie die Wärmestrahlung auf ihrem Weg nach außen. Sie bauen mit zunehmender Dichte eine immer wirkungsvoller werdende Opazität auf, die den Infrarotstrahlungsstrom so stark bremst, daß sich im Innern der Wolke die Wärme staut. Die Kontraktionsenergie geht nun nicht mehr der Wolke verloren, sondern ein Teil davon wird als innere Energie gespeichert. Diese Energie wird zur Temperaturerhöhung, zur Dissoziation der Gasmoleküle und schließlich zur Ionisation benutzt. Die weitere Kontraktion verläuft dann infolge des „Gegendruckes“ von innen nicht mehr in Form des Kollapses. Unter ständiger Temperaturerhöhung läuft sie jetzt viel langsamer (quasistatisch) ab; aus der kollabierenden Wolke ist ein Protostern geworden.

Während dieser Vorgänge ist der Protostern wahrscheinlich von dem „Kokon“ umgeben, von dem wir im Abschnitt Extinktions- und Absorptionserscheinungen sprachen. In seinen Außenbezirken beziehungsweise im zirkumstellaren Raum laufen zahlreiche Prozesse ab. Chemische Reaktionen an den Oberflächen der Staubteilchen und schließlich im Gas selbst führen zu einer intensiven Molekülbildung,

der zwangsläufig wegen der relativ niedrigen Temperatur und hohen Dichte Kondensationsprozesse folgen. Wahrscheinlich entsteht jetzt das kondensierte Material, das einerseits die stoffliche Basis für ein Planetensystem bildet, andererseits aber in den interstellaren Raum in Form von Staubpartikeln abgegeben werden kann. Damit schließt sich der kosmogonische „Kreislauf“ des Staubes. Die Staubpartikeln leiteten die Sternentstehung ein, wurden dabei teils vernichtet, teils wirkten sie als „Keimlinge“ für neuen Staub. Es muß betont werden, daß das hier entworfene Bild stark vereinfacht ist und stellenweise nur auf Hypothesen beruht. Einige Punkte davon lassen sich jedoch bereits durch Beobachtungsergebnisse erhärten.

Literatur:

- [1] K.-H. SCHMIDT: Interstellarer Staub. Jenaer Rundschau 14 (1969) 333. — [2] C. SCHALÉN: Zur Frage der allgemeinen Absorption des Lichtes im Weltraum. Astron. Nachr. 236 (1929) 249. — [3] R. J. TRÜMPER: Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters. Lick Bull. No. 420 (1930). — [4] E. ÖPIK: On the physical interpretation of color-excess in early type stars. Harvard Circ. No. 359 (1931). — [5] C. SCHALÉN: Untersuchungen über Dunkelnebel. Medd. Uppsala No. 58 (1934). — [6] E. SCHOENBERG und B. JUNG: Über die Lichtstreuung im interstellaren Raum durch Wolken metallischer Partikel. Astron. Nachr. 253 (1934) 261. — [7] K.-H. SCHMIDT: Zur Kosmogonie des interstellaren Staubes. Habilitationsschrift, Jena 1969. — [8] K. DAVIDSON und M. HARWIT: Infrared and radio appearance of cocoon stars. Astrophys. J. 148 (1967) 443. — [9] Th. P. STECHER: Interstellar extinction in the ultraviolet II. Astrophys. J. 157 (1969) 125. — [10] J. DORSCHNER: Theoretische Untersuchungen über den interstellaren Staub IV. Silikatepartikeln und diffuse interstellare Banden. Astr. Nachr. 292 (1970) 107. — [11] R. F. KNACKE, J. E. GAUSTAD, F. C. GILLET, W. A. STEIN: A possible identification of interstellar silicate absorption in the infrared spectrum of 119 Tauri. Astrophys. J. 155 (1969) L 189. — [12] J. A. HACKWELL, R. D. GEHRZ, N. J. WOOLF: Interstellar silicate absorption bands. Nature 227 (1970) 822. — [13] F. C. GILLET, F. LOW, W. STEIN: Stellar spectra from 2.8 to 14 microns. Astrophys. J. 154 (1968) 677. — [14] J. DORSCHNER: Infrared spectra of silicate grains. Proceedings of the Second IAU Colloquium on Interstellar Dust (1969). Astron. Nachr. (im Druck). — [15] F. J. LOW, K. S. KRISHNA SWAMY: Narrow-band infrared photometry of α Ori. Nature 227 (1970) 1334. — [16] F. J. LOW, H. L. JOHNSON, D. E. KLEINMANN, A. S. LATHAM, S. L. GEISEL: Photometric and spectroscopic observations of infrared stars. Astrophys. J. 160 (1970) 531. — [17] H. MOENKE: Mineralspektren. Akademie-Verlag, Berlin 1962. — [18] J. H. OORT, H. C. van de HULST: Gas and smoke in interstellar space. Bull. Astron. Inst. Netherlands 10 (1946) 187. — [19] H. C. van de HULST: The solid particles in interstellar space. Rech. Utrecht 11 (1949) part 2. — [20] F. HOYLE, N. C. WICKRAMASINGHE: On graphite particles as interstellar grains. Monthly Not. R.A.S. 124 (1962) 417. — [21] Chr. FRIEDEMANN: Siliziumkarbid als möglicher Bestandteil des interstellaren Staubes. Astron. Nachr. 291 (1970) 177. — [22] J. DORSCHNER: Zur Theorie des interstellaren Staubes unter besonderer Berücksichtigung der zirkumstellaren Staubenentstehung. Dissertation, Jena 1968. — [23] J. DORSCHNER: Dust production in circumstellar space. Proceedings of the Second IAU Colloquium on Interstellar Dust (1969). Astron. Nachr. (im Druck). — [24] H. ZIMMERMANN: Das dynamische Verhalten interstellarer Staubteilchen beim Wolkenstoß. Teil I: ohne Berücksichtigung von Masseänderungen. Astr. Nachr. 292 (1970) 17. — [25] R. C. GILMAN: On the composition of circumstellar grains. Astrophys. J. 155 (1969) 185. — [26] R. D. GEHRZ, N. J. WOOLF: Mass loss from M stars. Astrophys. J. 165 (1971) 285. — [27] G. H. HERBIG: Introductory Remarks, 16th International Astrophysical Symposium, Liège (1969).

Mit freundlicher Genehmigung der Redaktion entnommen der „Jenaer Rundschau“, Heft 6/73.

Mission Mariner 10

KARL-HEINZ NEUMANN

Die USA starteten am 3. November 1973 ihre Planetensonde Mariner 10 mit einer Atlas Centaur-Rakete gegen 5^h45^m vom Startgelände Cape Canaveral. Es handelte sich dabei um den ersten amerikanischen Raumflugkörper, bei dem die Swing-by-Technik aktiv angewendet wurde. Die Sowjetunion hat dieses Prinzip bei ihrer Sonde Luna 3 bereits im Oktober 1959 benutzt. Es geht dabei darum, durch die Gravitation eines Himmelskörpers die Flugbahn eines Raumflugkörpers zu verändern. Luna 3 hatte die Aufgabe, die Rückseite des Mondes zu fotografieren. Sie wurde auf eine Erdsatellitenbahn gebracht, deren Apogäum etwas über die Mondbahn hinausragte. Der Startzeitpunkt wurde so gewählt, daß die Sonde zu einem Zeitpunkt die Mondbahn erreichte, als dieser sozusagen über ihr stand. Durch die Gravitation des Mondes entstand eine neue Bahn, die gegen die Anfangsbahn geneigt war und außerdem ein neues Apogäum erhielt. Die Kippung der Bahnebene betrug 34 Grad

und das neue Apogäum der Flugbahn jetzt rund 400000 km. Dadurch, daß die Sonde nun in nördlicher Richtung abgelenkt wurde, war es möglich, die Rückseite des Mondes zu fotografieren. Die Bilder wurden zur Erde übertragen und erbrachten den ersten Überblick über die Struktur der Rückseite des Mondes, die sich ja bekanntlich von der Vorderseite dadurch unterscheidet, daß dort kaum große Mareflächen anzutreffen sind.

Bei dem amerikanischen Unternehmen Mariner 10 wurde das gleiche Prinzip — allerdings unter Ausnutzung der Gravitation der Venus — angewandt. Das Ziel bestand dabei darin, diesen Raumflugkörper nach dem Passieren der Venus auf eine Flugbahn zu bringen, die dicht am Planeten Merkur vorbeiführt. Damit wurde die Sonde Mariner 10 der erste Raumflugkörper, der den innersten und kleinsten Planetenkörper unseres Sonnensystems untersuchte.

Am 5. 2. 1974 passierte Mariner 10 den Planeten Venus. Die größte Annäherung wurde um $17^{\text{h}}01^{\text{m}}$ WZ erreicht. Während des Vorbeifluges und danach erfolgte alle 42 Sekunden die Übertragung eines Bildes der Venus zur Erde. Besonders interessant sind dabei die Aufnahmen, die im ultravioletten Bereich des Spektrums erfolgten. In diesem Spektralbereich erscheint die Venusoberfläche — genauer gesagt die Wolkenschicht — nicht mehr glatt weiß wie im sichtbaren Bereich, also wie wir die Venus im Fernrohr sehen. Da die Aufnahmen sowohl während der Annäherung als auch nach dem Vorbeiflug gemacht worden sind, erhielt man Bilder auch der voll beleuchteten Venusscheibe, wie wir sie nur nahe der oberen Konjunktion im Fernrohr erkennen können.

Die Annäherungsgeschwindigkeit betrug 39480 km/h. Rund 6 Minuten nach der größten Annäherung von rund 5300 km verschwand die Sonde hinter der von der Erde aus gesehenen Scheibe der Venus und tauchte gegen $17^{\text{h}}28^{\text{m}}$ WZ auf der gegenüberliegenden Seite wieder auf. Der Vorbeiflug am Merkur in rund 700 km Abstand erfolgte am 29. März 1974. Über die Ergebnisse der Erforschung des Merkur wird in einem späteren Beitrag berichtet.

Unser Bild (S. III, unten) — es handelt sich um eine UV-Aufnahme der voll beleuchteten Oberfläche — zeigt deutlich Strukturen in den Wolkenformationen. Man hatte gehofft, möglicherweise auch Oberflächendetails erfassen zu können. Durch Radarbeobachtungen von der Erde war eine großräumige Kraterstruktur der Venus-Oberfläche festgestellt worden. Die bisher veröffentlichten Bilder der Venus zeigen aber bis jetzt noch keine Details der Oberfläche. Es wurden aber Untersuchungen des Magnetfeldes, Messungen des Plasmas in Planetennähe, Infrarotmessungen, Aufnahmen im UV-Spektralbereich sowie Radiostrahlungsmessungen ausgeführt. Bei der Bedeckung dieser Sonde durch den Planeten wurde ein im X-Band-Bereich arbeitender Sender eingesetzt, wodurch sowohl Meßwerte über die Ionosphäre der Venus als auch Angaben über den Durchmesser der Planetenscheibe, d. h. den wahren Durchmesser der Venus, erhalten werden konnten.

Zur Aufnahme der Venus-Oberfläche fanden zwei Cassegrain-Teleskope mit 1,5 Meter Brennweite Verwendung. Beim Passieren des Planeten Merkur, das in etwa 1000 km Abstand erfolgte, hoffte man Aufnahmen zu gewinnen, die ein Auflösungsvermögen von 1 bis 1,5 km haben. Mit Hochauflösungsaufnahmen wollte man sogar Details bis zu 100 Metern Durchmesser von der beleuchteten Oberfläche des Planeten erfassen.

Die Fernsehaufnahmen von der Venus-Oberfläche begannen 35 Minuten vor dem Erreichen des venus nächsten Punktes. 3 Tage danach wurden die letzten Aufnahmen gewonnen. Bei der Merkur-Passage liefen die Kameras 16 Stunden vor bis 16 Stunden nach der größten Annäherung. Einzelne Bilder nahmen die TV-Systeme allerdings schon 7 Tage vor bis 13 Tage nach der Passage auf.

Während des Anfluges zur Venus erfolgten zwei Bahnkorrekturen der Sonde. Zwei weitere sollten nach der Passage durchgeführt werden.

Schon nach dem Erreichen der interplanetaren Flugbahn wurden am 3., 4., 6. und 9. November 1973 die Fernsyste me dieser Sonde getestet. Es wurden Aufnahmen der Erde und des Mondes gemacht.

Der Hauptkörper von Mariner 10 hat eine Masse von 18,15 kg und besitzt die Form eines achtzehnteiligen Polygons. Hauptbaustoff ist Aluminium. Der Körper ist mit 8 elektronischen Bauelementengruppen ausgerüstet. Der Durchmesser des Hauptkörpers beträgt 1,39 Meter bei einer Bauhöhe von 4,6 Meter. Die beiden Solarzellenflächen haben eine Länge von 2,7 Metern und sind 0,97 Meter breit. Die Gesamtfläche der Solarzellen beträgt $5,1 \text{ m}^2$. Im rechten Winkel zu den Solarzellenflächen ist die Parabolantenne angeordnet. Der Parabolantenne gegenüber befindet sich ein Ausleger mit zwei Magnetometern.

Der sphärische Treibstofftank für das Bahnkorrekturtriebwerk ist im Zentrum des oktagonalen Hauptkörpers angebracht. Die Ausströmdüse dieses Triebwerkes befindet sich im Zentrum der sonnenzugewandten Seite und damit im Zentrum des aufklappbaren Wärmeschutzschirmes.

Für die Lageregelung und Lageänderung sind jeweils drei Kaltgasdüsen für die drei räumlichen Achsen sowohl an den Enden der Solarzellenflächen als auch an der Parabolantenne und dem Aus-

leger angebracht. Das Kaltgas ist Stickstoff, der unter hohem Druck in sphärischen Titanbehältern untergebracht wurde. Die Antenne mit geringer Richtwirkung besteht aus kreisförmigen Platten, die jeweils am Ende eines Rohres angebracht sind. Die beiden Rohre stecken ineinander. Sie haben eine Länge von 2,85 m von der Spitze bis zum Hauptkörper, der Durchmesser beträgt 2,54 bzw. 5,72 cm. Die Parabolantenne ist motorgetrieben und kann um zwei Achsen bewegt werden. Damit ist während der gesamten Mission eine Ausrichtung auf die Erde möglich gewesen. Der Refraktor hat einen Durchmesser von 1,37 m. Übertragungen im S-Band und X-Band waren möglich. Die Verbindung im S-Band erfolgte bei 2113 MHz, die im X-Band auf 8415 MHz. Die Sendeleistung betrug zwischen 10 und 20 Watt.

Von den Sensoren war der Canopus-Sensor auf dem oberen Ring des oktagonalen Hauptkörpers angebracht. Je zwei Sonnensensoren sind am Ende der Solarzellenflächen montiert, ein dritter, dreiaxiger Grobsensor am Ausleger.

Die Temperaturregelung für die acht elektronischen Packungen im Innern des Hauptkörpers erfolgte über außen angebrachte Jalousieartige Klappen. Über den anderen Flächen des Hauptkörpers befanden sich Wärmeschutzschichten, die aus mehreren Lagen wärmeisolierenden Materials bestanden. Die sonnenzugewandte Seite bedeckte der Wärmeschutzschild, der bereits nach dem Erreichen der Flugbahn aufgeklappt worden war. Wie die Praxis zeigte, reichte er aus, um bei der größten Annäherung an die Sonne (Merkurpassage), bei der der Abstand nur noch 0,4 Astronomische Einheiten betrug, genügend Wärmeschutz zu bieten.

Die sechs Instrumentenbaugruppen waren wie folgt angebracht: Über dem Zentrum des Hauptkörpers befanden sich die beiden identischen Fernsehkameras mit ihren Teleskopen, montiert auf der Plattform, die einen Motor zur Ausrichtung auf das Aufnahmeziel besaß. Neben diesen TV-Kameras war ebenfalls auf der Plattform das UV-Spektrometer zur Bestimmung des Himmelsleuchtens parallel zu den Kameras angeordnet. Das zweite Instrument, das UV-Bedeckungsspektrometer war am Hauptkörper angebracht. Die Detektoren des Plasmaexperiments und des Experiments für geladene Teilchen, die jeweils wiederum aus zwei verschiedenen Einzelinstrumenten bestanden, waren am Hauptkörper befestigt. Auch das Infrarot-Radiometer hatte eine starre Anordnung. Von den beiden Magnetometern befand sich eines in vier, das andere in sechs Meter Abstand vom Hauptkörper am Ausleger.

Beim Televisionssystem wurden zwei Cassegrain-Teleskope in Verbindung mit zwei Vidicon-Kameras verwendet. Letztere dienten für die hochauflösenden Bilder. Für die Weitwinkelaufnahmen setzte man ein anderes optisches System ein. Die Optik hatte beim hochauflösenden System eine Öffnung von 20 cm und eine Brennweite von 1,5 m. Das Gesichtsfeld betrug 0,5 Grad. Die Optik für die Weitwinkelaufnahmen besaß bei einem Gesichtsfeld von 11 bis 14 Grad eine Brennweite von 6,2 cm. Eine Filterscheibe vor der TV-Kamera hatte sieben Einstellmöglichkeiten. In einer Stellung befand sich ein Spiegel, der das Bild des Weitwinkelsystems in die Kamera ablenkte. Die anderen Filter arbeiteten im blauen Bereich, im UV-Bereich (polarisiert), im extremen UV-Bereich, im sichtbaren Bereich, im nahen UV-Bereich, im gelben Bereich und ferner mit einer Defokussierungslinse zur Kalibrierung des Systems. Die möglichen Belichtungszeiten lagen zwischen 3 Millisekunden und 12 Sekunden. Von jeder der beiden TV-Kameras konnte alle 42 Sekunden ein Bild übertragen werden. Ein Bild besteht aus 700 Zeilen mit 832 Bildpunkten. Die Übertragung erfolgt bei der Echtzeitübermittlung 117,6 Kilobits pro Sekunde (kbps).

Die Anlage des Experiments für das ferne Ultraviolett bestand aus zwei unabhängigen Instrumenten: aus einem fest montierten sogenannten Bedeckungsspektrometer und dem Instrument zur Bestimmung des „Himmelsleuchtens“. Dieses Instrument ist an der beweglichen Plattform angebracht. Das Experiment diente der Analyse der Planetenatmosphäre. Das erstgenannte wurde beim Merkur oberhalb der von der Sonde sichtbaren Merkurscheibe eingesetzt. Das zweite Instrument war im wesentlichen auf die Scheibe des Merkur ausgerichtet, um die chemischen Komponenten einer möglichen Atmosphäre zu erkunden. Während des Fluges im interplanetaren Raum dienten beide Instrumente zur Messung der Intensität der Lyman-Alpha-Linie in der Galaxis und in den beiden Maggelanschen Wolken. Beim Beginn des Fluges lieferten die Instrumente dieses Experiments Angaben über die Wasserstoffkorona der Erde und bestimmten die Reflexionseigenschaften des Mondes für UV-Strahlung. Nahe der Venus erfolgten ebenfalls Untersuchungen damit.

Für das Plasmaexperiment dienten zwei Instrumente, die auf einer motorgetriebenen Plattform montiert waren. Der Hauptdetektor bestand aus einem Paar elektrostatischer Analysatoren, die auf die Sonne gerichtet waren und einem weiteren elektrostatischen Analysator, der von der Sonne abgewandt war. Das erstgenannte System trägt die Bezeichnung SEA (Scanning Electrostatic Analyzer). Damit werden die positiven Ionen und Elektronen gemessen. Das der Sonne abgewandte Sy-

stem hat die Bezeichnung SES (Scanning Electron Spectrometer). Mit diesem Instrument wird die Elektronendichte gemessen.

Auch das Experiment zum Nachweis geladener Teilchen bestand aus zwei Teilen: dem Hauptteleskop und dem Teleskop für Teilchen mit niedriger Energie. Mit dieser Anlage wurden die geladenen Partikel in der Nähe des Merkur, die ihren Ursprung in der Sonne haben, gemessen. Solare Eruptionen wurden untersucht und mit den Meßwerten von Pioneer 9 und 10 verglichen. Während des Fluges zu den beiden Planeten erfolgte die Messung der solaren und galaktischen kosmischen Strahlung. Von besonderem Interesse war dabei die Trennung der beiden Komponenten der kosmischen Strahlung. Bei der Passage des Merkur erfolgte die Untersuchung über einen magnetischen Schweif bzw. über eine Schockwellenfront, wie sie in der Magnetosphäre der Erde existiert. Nach den bisher vorliegenden Meßergebnissen besitzt der Merkur keine Magnetosphäre und demzufolge auch keinen magnetischen Schweif.

Mit dem Infrarotdiometer wurde die Temperatur an der Oberfläche der Venus und des Merkur gemessen. Bei der Passage des Merkur konnten Temperaturwerte vom späten Nachmittag über die Nachtseite hinweg bis zu den frühen Morgenstunden bestimmt werden. Bei Redaktionsschluß lagen hier leider noch keine exakten Meßwerte über die Temperaturvariationen des Merkur, die sehr groß sein müssen, vor. Diese Temperaturmessungen lassen auch Rückschlüsse auf die Natur des Oberflächenmaterials zu. Man hofft, daraus entscheiden zu können, ob die Oberfläche aus Staub, Geröll oder anstehendem Gestein besteht.

Die Temperaturveränderungen können in Zusammenhang mit den fotografischen Aufnahmen gebracht werden, die durch die TV-Aufnahmen von der Oberflächenstruktur erhalten wurden. Auf gleiche Weise war es möglich, heiße Flecke festzustellen, die möglicherweise vulkanischen Ursprungs sind. Nach den bisher vorliegenden Informationen gleicht die Merkur-Oberfläche der des Mondes. Nicht bekannt ist, ob noch aktive Vulkane auf dem Merkur existieren. Die vorläufige Auswertung ergab Temperaturwerte, die den theoretisch errechneten (bei der Annahme einer mondoberflächigen Struktur) entsprechen. Bei der Venus erfolgten Messungen der Temperatur der oberen Wolkenschicht. Das Auflösungsvermögen dieser Temperaturmessungen ist bedeutend höher als das aller früheren Forschungsflugkörper, die zu diesem Planeten entsandt worden sind.

Beim Magnetometer-Experiment ging es darum, die Wirkung zwischen dem Solarwind mit dem Magnetfeld der Venus und des Merkur zu bestimmen und dadurch einen Überblick über das allgemeine Magnetfeld dieser beiden Planeten zu erlangen. Verwendet wurden zwei Flußgittermagnetometer, die an den oben erwähnten Auslegern angebracht waren. Einer davon befand sich relativ nahe am Hauptkörper dieser Sonde und der andere fast am Ende des Auslegers. Durch den Vergleich der Meßwerte beider Magnetometer war es möglich, den Einfluß der durch den Betrieb der elektronischen Systeme dieser Sonde induzierten Magnetfelder als Absolutwert zu bestimmen. Damit ergab sich die Möglichkeit, den tatsächlichen Wert des interplanetaren Magnetfeldes sowie den der planetaren Magnetfelder festzustellen.

Sowohl beim Vorbeiflug an der Venus als auch beim Vorbeiflug am Merkur verschwand die Sonde von der Erde aus gesehen jeweils hinter der Planetenoberfläche. Die exakte Verformung der Radiosignale des Radiobedeckungsexperiments dieser Sonde ermöglichte als erstes die Feststellung des wahren Durchmessers beider Planeten und gab außerdem Informationen über die mögliche Existenz einer Ionosphäre bei Venus und Merkur. Des weiteren waren Angaben über die Temperatur und den Druck der Atmosphäre der beiden Planeten zu erlangen. Verwendet wurde ein S-Band- und ein X-Band-Sender an Bord der Raumsonde. Über diese Experimente liegen bis heute noch keine exakten Auswertungsergebnisse vor.

Die Aufnahmen im Extrem-Ultraviolett, die Mariner 10 von der Venus gewonnen hat, zeigen Wolkenstrukturen der sichtbaren Oberfläche. Interessant ist dabei ein dunkles Gebiet von etwa 3000 km Ausdehnung, welches trotz der Veränderungen der umgebenden Wolkenstrukturen ständig zur Sonne ausgerichtet erscheint. Man nimmt an, daß es sich hierbei um thermische Effekte in der Venus-Atmosphäre handelt. Der Mechanismus dieser Besonderheit ist theoretisch noch ungeklärt.

Die bisher veröffentlichten Televisionsbilder des Merkur zeigen Oberflächenstrukturen, die der des Mondes fast völlig ähneln. Man erkennt eine dichte Kraterstruktur, die sogar „Strahlencharakter“ aufweist — wie zum Beispiel beim Tycho des Mondes. Außerdem sieht man auf den Bildern auch dunklere Flecke, die den Maren des Mondes entsprechen könnten. Der Merkur scheint also doch der mondähnlichste Planet zu sein.

Amateure beobachten und berichten

Beschreibung einer Schmidt-Kamera

HANS-H. LENZ

Für fotografische Beobachtungen standen uns bisher das Spiegelteleskop „Meniscas“ mit der parallaktischen Montierung 1B und die Amateur-Astrokamera, die an die Gewichtsachse der 1B-Montierung angesetzt werden kann, zur Verfügung. Alle genannten Geräte wurden vom VEB Carl Zeiss Jena hergestellt.

Nach unserer Meinung ist die parallaktische Montierung mit dem 4,5-W-Motor bei dieser Belastung überfordert, so daß eine ausreichende Nachführung nicht mehr gewährleistet ist. Eine Korrektur der Nachführungsfehler scheidet wegen des Nachlaufs aus.

Um trotzdem nahezu punktförmige Sternaufnahmen zu erhalten, entschlossen wir uns, als lichtstärkeres Gerät eine Schmidt-Kamera aufzubauen, weil bei diesem Gerät die Nachführungsfehler nicht so sehr ins Gewicht fallen, da die Belichtungszeiten erheblich kürzer sind als bei der genannten Kamera.

Wir konnten eine entsprechende Optik von dem bekannten Spiegelschleifer Ing. Wilke (†) zu günstigen Bedingungen erwerben, der außerdem die kugelförmige Kassette und den Fassungsrohling für den Hauptspiegel lieferte.

Das optische System besteht aus einer 120 mm Korrekturplatte und einem Hauptspiegel mit 150 mm Öffnung. Das Öffnungsverhältnis ist bei der Schmidt-Kamera der Quotient aus der freien Öffnung der Korrekturplatte und der Brennweite des Hauptspiegels, die mit 300 mm angegeben ist. Somit hat diese Optik ein Öffnungsverhältnis von 1 : 2,5. Es ist für fotografische Aufnahmen besser geeignet als das der erwähnten Kamera (1 : 3,5).

Die Schmidt-Kamera wurde so konzipiert, daß sie ohne Nebengeräte an die 1B-Montierung angesetzt werden kann. Sie erhielt aus diesem Grunde eine Schwalbenschwanzführung. Um ein möglichst geringes Gewicht der Kamera zu erzielen, wurden alle Teile aus Aluminium angefertigt.

Weil die Kassette von Hand mit einem Verschußdeckel von außen zu öffnen und zu schließen ist, hielten wir es für notwendig, einen sehr stabilen Tubus aufzubauen. Hierdurch sollte erreicht werden, daß die zwangsläufig auftretenden Erschütterungen keine Störungen hervorrufen. Wir entschieden uns für einen Gittertubus, der auf halber Länge durch zwei Kreisringe, die auch das Haltekreuz für die Kassette aufnehmen, stabilisiert ist. Die vordere Begrenzung des Tubus ist so gearbeitet, daß sie gleichzeitig als Fassung für die Korrekturplatte dienen kann.

Die Fassung des Hauptspiegels ist an den Tubus angesetzt und kann durch Justierschrauben parallel zur Korrekturplatte ausgerichtet werden. Die Halterung für die Kassette besteht aus zwei ineinander liegenden Rohren. Das äußere Rohr ist durch das Haltekreuz mit dem Tubus verbunden, während das innere Rohr durch acht Justierschrauben (vorne und hinten je vier) in seiner Lage fixiert wird. Die Bohrung des inneren Rohres ist so ausgeführt, daß der Kassettenstiel und die leichte Weite des Rohres eine Gleitpassung bilden. Durch beide Rohre geht radial eine Bohrung. Die Bohrung des äußeren Rohres ist mit Gewinde versehen. Dadurch kann die Kassette mit einer Schraube gegen Herausfallen gesichert werden. Um ein Verklemmen der Bohrungen durch das Justieren zu verhindern, hat die Bohrung des inneren Rohres einen etwa 4 mm größeren Durchmesser.

Justierung der Kamera

Die Justierung an den Sternen ist nicht möglich, weil die Bilder der Sterne so fein sind, daß sie mit bloßem Auge kaum zu erkennen sind. Da der Mond ein flächenhaftes Objekt mit großer Helligkeit ist, kann er gute Dienste bei der Ausrichtung des Spiegels und der Kassette leisten.

Zu Beginn sollte die Brennweite des Spiegels an der Kassette eingestellt werden. Dies geschieht mit einer eingeleigten Fotoplatte, weil nun gleich das entstehende Bild beurteilt werden kann. Es soll auch darauf hingewiesen werden, daß das Bild eines sphärischen Spiegels auf einer Kugelfläche mit dem Krümmungsradius des Spiegels abgebildet wird. Aus diesem Grunde muß sie, wenn auf eine gute Bildqualität auch in der Randzone der Platte Wert gelegt wird, durchgebogen werden.

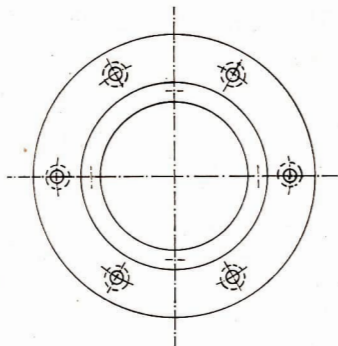
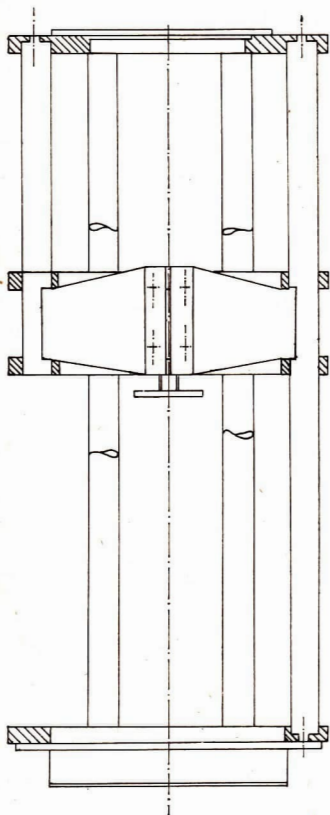


Abb. 2: Fassung der Korrektionsplatte.

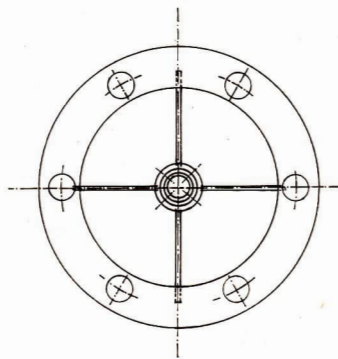
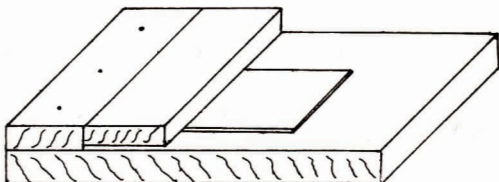


Abb. 3: Befestigung des Haltekreuzes.

Abb. 1, links:

Schnitt durch die beschriebene Schmidt-Kamera.

Abb. 4:
Darstellung der
Schneidelehre mit
aufgelegter Fotoplatte.



Der Schaft der Kassette ist innen mit einer Bohrung versehen, in die ein Gewinde eingeschnitten ist. Der eigentliche Kassettenträger ist als Gewindestab ausgebildet, und er gestattet es, die Stellung der Kassette in axialer Richtung zu verändern. Je eine Kontermutter am vorderen und hinteren Ende des Schaftes erlauben eine Fixierung der Stellung der Kassette. Um die Brennebene immer wieder leicht zu finden, ist am spiegelseitigen Ende des Schaftes ein Anschlag ausgearbeitet, der am inneren Rohr der Kassettenhalterung anliegt.

Die Bildqualität ist abschließend durch eine exakte Ausrichtung der Kassette und des Hauptspiegels zu verbessern. Zur Beurteilung der Bilder in den verschiedenen Zonen der Platte sollte das Bild des Mondes auf die Randgebiete projiziert werden. Hierbei tritt in der Regel ein zweites allerdings viel lichtschwächeres Bild des Mondes auf. Dieses wird durch die Reflexionsfähigkeit der Fotoplatte verursacht, die in der Literatur mit etwa 20 % angegeben wird. Nur wenn das Objekt in der optischen Achse des Gerätes liegt, treten die „Geisterbilder“ nicht mehr auf. In diesem Falle wird das zweite Bild genau auf dem ersten abgebildet. Es muß nun darauf geachtet werden, daß sich diese Bilder genau decken, weil es sonst unmöglich wird, die Justierung abzuschließen. Befindet sich das Objekt nicht in der optischen Achse, dann braucht dieser Umstand nicht berücksichtigt zu werden.

Abschließend sei auf eine Möglichkeit der Endkontrolle hingewiesen. Man richte die Kamera mit eingelegerter Fotoplatte und mit laufender Nachführung auf die Sonne und lasse die Strahlung auf die Platte einwirken. Es wird sich in ganz kurzer Zeit eine Verfärbung der Platte bemerkbar machen. Führt man dies in den verschiedenen Zonen der Platte aus, so können die Bilder der Sonne auf ihre kreisförmige Gestalt untersucht werden. Hierdurch erhalten wir eine sehr gute Auskunft über den Zustand der Justierung. Eine Entwicklung der Platte ist nicht notwendig, da es sich bei diesen Bildern um Einbrennerscheinungen in der Emulsionsschicht handelt.

Zur Vorbereitung der Fotoplatten

Für unsere Kamera benötigen wir Fotoplatten vom Format $4 \times 4 \text{ cm}^2$, die nicht handelsüblich sind. Um die gängigen Formate auf das notwendige Maß zu schneiden, fertigten wir uns eine Lehre an, deren Aufbau der Abb. entnommen werden kann. Es sei noch erwähnt, daß die Breite der Leiste bis zum Rädchen des Glasschneiders das Maß aufweisen muß.

Um die Platte ohne größeres Risiko zu schneiden, muß die Schichtseite nach unten gelegt werden. Zwischen Platte und Grundbrett legt man zweckmäßigerweise einen Bogen Papier. Damit wird die Schicht geschont und die zwangsläufig entstehenden Glassplitter lassen sich leichter entfernen. Ist eine Platte zerschnitten, so sollte der Bogen erneuert werden. Es versteht sich, daß diese Arbeiten bei Dunkelheit oder der entsprechenden Filterbeleuchtung durchzuführen sind.

Positionsbestimmung des GRF auf Jupiter

Meine erste Beobachtung des Jupiter der beginnenden Beobachtungsperiode 1974 gelang am Morgen des 18. Juni. Trotz der Tageshelligkeit war der große Rote Fleck gut kontraststark zu erkennen. Seine Positionsbestimmung ergab 16 Grad.

Alle Beobachter werden aufgerufen, während der kommenden Beobachtungsperiode die Position des GRF möglichst oft zu bestimmen. Eine Anleitung zur Beobachtung ist in Heft 3/1971 dieser Zeitschrift gegeben. Die Einsendung der Ergebnisse erbitten wir bis 1. März 1975 an

Hans-Joachim Blasberg
8053 Dresden, Tolkewitzer Straße 44

Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 11. 12. 1973 in Eilenburg

Die Fachgruppe Eilenburg beobachtete die Saturnbedeckung. Trotz der sehr frühen Stunde waren 6 Mitglieder erschienen. Unsere Beobachtung betraf:

1. Die Bestimmung der Kontaktzeiten

Diese Aufgabe übernahm unser Leiter mit Hilfe von Spiegelteleskop und Stoppuhr. Er bestimmte die erste und vierte Kontaktzeit der Planetenscheibe. 1. Kontakt $1^h17^m25,2^s \pm 0,5^s$ 4. Kontakt $1^h59^m47,0^s \pm 1,0^s$

2. Die Ermittlung der Positionswinkel

Drei Mitglieder der Fachgruppe beobachteten am 80/1200-Refraktor den Saturn während der Kontakte mit dem Mond. Dabei prägten sie sich besonders auffällige Oberflächenzüge des Mondes in der Nähe des Ortes von Ein- bzw. Austritt ein. Diese wurden dann auf einer Mondkarte gekennzeichnet. Für den Eintritt konnte wegen mangelnder Übung der Positionswinkel nur sehr ungenau bestimmt werden. Für den Austritt wurde ein Positionswinkel von 226° gemessen.

3. Fotografische Aufnahmen

An einem weiteren 80/1200-Refraktor, der in unserer Amateurstation aufgestellt ist, versuchten sich 2 Beobachter im fotografischen Festhalten dieses Ereignisses. Dabei wurde die Mond- und Planetenkamera mit Projektiv 4:1 und angesetzter Praktika verwendet. Trotz sehr dunstiger Luft konnten sie beim Austritt mit einem NP-27-Film und einer Belichtungszeit von 3 sec annehmbare Ergebnisse erzielen.

Interessant war auch die scheinbare Helligkeitsabnahme des Saturn, je näher er dem Mond kam. Im Gegensatz zum weißgelblichen Licht des Mondes wurde der Saturn scheinbar immer grauer.

STEFFEN LÖSER

Ergänzend zu unserem Bericht über die Beobachtung am 11. 12. 73 folgen nachstehend die Angaben von der Bedeckung am 3. 3. 74:

1. Kontakt der Planetenscheibe $0^h51^m42,6^s$ Positionswinkel $71,7 \pm 2^\circ$
2. Kontakt der Planetenscheibe $0^h52^m16,2^s$
3. Kontakt der Planetenscheibe $1^h41^m27,2^s$ Positionswinkel $304,6^\circ$
4. Kontakt der Planetenscheibe $1^h41^m42,4^s$

Verwendetes Instrument:

Reflektor 200/1700 (V = 68)

Zeitmessung:

quartzgesteuerter Druckchronograph

Geographische Koordinaten der Sternwarte: $\lambda = 12^\circ 37' 39''$ Ost

$\varphi = +51^\circ 27' 05''$ Nord

EDGAR OTTO jun.

„Kohoutek 1973“ im Feldstecher

Komet „Ikeya-Seki“ näherte sich 1965 der Erde. Dies war Anlaß, mich mit der Astronomie zu beschäftigen. Seit etwa 5 Jahren stehe ich deshalb in Verbindung mit der Astronomischen Station Rostock; ab September 1973 bereite ich mich auf das Erscheinen des Kometen „Kohoutek“ vor. Trotz erschwelter Bedingungen war es mir möglich, den Schweifstern zu finden.

Täglich verfolgte ich seine Bahn auf der Sternkarte und wußte, an welcher Stelle des Himmels ich ihn zu suchen hatte. Und doch mußte ich jedesmal den Bereich mit dem Feldstecher absuchen, bis ich ihn ins Bild bekam.

Beobachtungs-: Uders/Westrügen, mit freiem Horizont — Feldstecher: Dezember 1973 Zeissglas 8 × 30, Januar 1974 Plastrista 10 × 40 (Hirschke).

Am 4., 12., 18., 20. und 21. 12. 1973 sowie am 14. und 20. 1. 1974 sah ich den Kometen im Feldstecher.

Kohoutek erschien bei allen Beobachtungen als sehr lichtschwaches Objekt von etwa 3^m bis 5^m . Wenig auffallend war der noch viel blasser leuchtende Schweif, dessen Helligkeit die eines Sternes 6^m wohl nicht übertraf. Vor dem Periheldurchgang erschien der Schweif schmaler und nicht so lang.

Am 14. 1. 1974, um 18.05 Uhr, bot er den schönsten Anblick. Am fast dunklen Nachthimmel, der durch kein störendes Licht aufgeleuchtet wurde, stand er ruhig und schwach leuchtend in der Nähe zweier Sterne des Sternbildes Aquarius, mit denen der Kopf ein Dreieck bildete. Die Position konnte ich mit $\alpha 22^h05^m$; δ etwa $-6,5^\circ$ (1950) ungefähr ermitteln. Die beiden Sterne haben die 4. Größenklasse. Der Kopf des Kohoutek erschien oval und gleichmäßig hell, 4^m etwa. Der Schweif war 4 Vollmondbreiten gut erkennbar, verbreiterte sich und verlor sich im Raum. Er wirkte schleierartig und war höchstens 6^m bis 7^m hell. Helligkeitskonzentrationen im Schweif waren nicht zu sehen. Auch der Kern des Kometen war nicht erkennbar.

Am 20. 1. 1974, 20.00 Uhr, hatte er seine Form kaum verändert. Er war nur viel blasser, der Schweif war kürzer und etwas schmaler.

Im Vergleich zum Kometen „Bennet 1969 i“, den ich am 3. und 4. 4. 1970 beobachtete, erkannte ich, daß beide Kometen unterschiedlich ausahen.

Bennet: recht hell
ohne Feldstecher mühelos auffindbar, auffallend

Kohoutek: sehr blaß
ohne Feldstecher nur bei genauer Ortskenntnis am 20., 21. 12. gesehen

Nebenschweif
Kern deutlich heller
Koma und Schweif fast gleich hell

anscheinend nur Hauptschweif gesehen
Kern nicht erkannt
Schweif wesentlich blasser als Koma

„Kohoutek 1973“ erschien mir bedeutend größer als „Bennet 1969“.

E. PFITZNER

Mitteilungen der Astronautischen Gesellschaft der DDR — Mitglied der IAF

Präsident: Prof. Dr. Johannes Hoppe, Vizepräsidenten: Prof. Dr. Hans Reichardt,
Dr. Eberhardt Hollax, Heinz Mielke, Wissenschaftlicher Sekretär: Dipl.-Gewi. Herbert Pfafe

XXIV. Internationaler Astronautischer Kongreß

Dr. E. HOLLAX, K. H. NEUMANN, H. PFAFFE

Die Internationale Astronautische Föderation (IAF) ist die internationale Dachorganisation von gegenwärtig 37 nationalen Gesellschaften, die sich mit der Raumfahrt beschäftigen. Mit dem Ziel, eine internationale Föderation zur Förderung der Entwicklung der interplanetaren Reise und der Astronautik zu schaffen, trafen sich im Jahre 1950 Delegierte aus acht Ländern in Paris. Dort wurde ein Komitee gegründet, das mit der Ausarbeitung der Pläne und Richtlinien für diese angestrebte Föderation beauftragt wurde. Darauf erfolgte die Gründung der IAF im September 1951 auf dem 2. Kongreß in London.

Die Internationale Astronautische Föderation stellt gemäß ihrer Verfassung (Artikel 1) eine wissenschaftliche, nicht auf Regierungen gestützte oder profitorientierte Organisation dar. Ihr Hauptziel ist die Pflege der Entwicklung der Astronautik für friedliche Zwecke. Entsprechend der Verfassung der IAF gibt es drei Kategorien von Mitgliedern: nationale Mitglieder, Institutsmitglieder und assoziierte Mitglieder. Letztere sind internationale Organisationen oder Körperschaften, deren Ziele mit denen der IAF übereinstimmen. Zu den wesentlichsten Trägern der Tätigkeiten der IAF zählen die von der Generalversammlung bestätigten Komitees, deren Mitgliedschaft möglichst internationale Breite erreichen soll. So besteht zum Beispiel ein Komitee für Bioastronautik, das die Aufgabe hat, solche Gebiete wie Lebenserhaltungs- und physiologische und psychische Probleme beim Aufenthalt des Menschen im Weltraum zu fördern. Zu den bedeutendsten Komitees gehören fernerhin diejenigen, die Fragen der Anwendungssatelliten, Bildungsprobleme sowie Publikationen und Finanzen bearbeiten.

Höhepunkt aller von der IAF veranstalteten Treffen ist der alljährlich im Herbst durchgeführte Internationale Astronautische Kongreß, der gewöhnlich von rund 1000 Personen besucht wird. Eine Ausnahme mit bisher einmaligem Rekordbesuch stellte der diesjährige XXIV. Kongreß in Baku dar; hier waren etwa 1800 ordentliche Delegierte und Gäste anwesend. Gastgeber dieses Kongresses waren das sowjetische Organisationskomitee unter Vorsitz von Akademienmitglied Prof. L. I. Sedow und das aserbaidschanische Organisationskomitee unter Vorsitz von Prof. I. A. Ibrahimow. Der Kongreß fand in einer sehr offenen und herzlichen Atmosphäre statt, die das ehrliche Bemühen aller Teilnehmer erkennen ließ, die Astronautik in den Dienst der friedlichen Erforschung des Weltraums und des greifbaren und erkennbaren Nutzens aller Menschen zu stellen. Davon sollen nicht nur die großen raumfahrttreibenden Nationen profitieren, sondern auch die kleinen sich entwickelnden Staaten der Erde, denen die Raumfahrt vor allem durch die Darbietung breit angelegter Bildungsmöglichkeiten über Fernsehsatelliten sehr bei ihrer Entwicklung helfen kann.

Die Deutsche Demokratische Republik war durch eine Delegation des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR sowie durch Wissenschaftler aus verschiedenen Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR vertreten. Die Aufnahme der Deutschen Demokratischen Republik, vertreten durch unsere Gesellschaft als stimmberechtigtes Mitglied, war bereits 1960 auf dem XI. Kongreß der IAF in Stockholm erfolgt.

Zu den Höhepunkten der IAF-Kongresse gehören auch die Treffen mit sowjetischen Kosmonauten und amerikanischen Astronauten. Die Teilnahme von Kosmonauten begann 1962 in Varna mit der Anwesenheit von German Titow. Ein Jahr später war Juri Gagarin auf dem IAF-Kongreß in Paris anwesend. 1970 wurde in Konstanz ein Höhepunkt durch die Teilnahme von Andrian Nikolajew, Vitali Sewastjanow, Boris Jegorow sowie McDivitt, James Lovell, Fred Haise und John Swigert erreicht. 1971 in Brüssel waren B. Jegorow und die APOLLO-15-Besatzung David Scott, James Irwin und Alfred Worden anwesend.

Auf dem diesjährigen Kongreß in Baku waren die sowjetischen Kosmonauten Beregowoi, Jegorow, Sewastjanow und d. amerikanische Astronaut Stafford zugegen.

Ein bedeutendes, ausführlich in Vorträgen und Filmen dargestelltes Problem war der gegenwärtige Stand der Entwicklung des gemeinsamen Raumfahrtprojektes, das von der UdSSR und den USA für 1975 vorgesehen ist und einen gemeinsamen

Flug einer SOJUS- und einer APOLLO-Besatzung in der Erdumlaufbahn vorliegt. Nunmehr steht auch das wissenschaftliche Programm dieses Experimentes fest, über das es in der Vergangenheit sehr gründliche Diskussionen gegeben hat. Die an dem Experiment beteiligten Kosmonauten und Astronauten bereiten sich darauf vor, die Ultraviolettabsorption, die biologischen Wechselbeziehungen und den Mikrobenaustausch im erdnahen Kosmos zu untersuchen. Ferner verspricht ein Experiment mit einer künstlich erzeugten Sonnenfinsternis interessante Forschungsergebnisse. Beim Auseinanderkoppeln der Raumschiffe wird APOLLO durch eine Vorwärtsbewegung anstelle des natürlichen Erdtrabantens die Sonne für SOJUS verdecken. Den gemeinsamen Flug, an dem zwei sowjetische Kosmonauten und drei amerikanische Astronauten teilnehmen, werden von sowjetischer Seite der Kosmonaut Alexei Jelissejew und von amerikanischer Seite der Astronaut Pete Frank leiten.

Sehr interessante Ausführungen wurden auf dem während des Kongresses veranstalteten VII. Internationalen Symposium der Geschichte der Astronautik gemacht. Während als Vertreter der USA A. Debus sich in seinen Ausführungen zu dem Thema „Von der A 4 bis zu EXPLORER 1“ mit der Entwicklung der amerikanischen Raumfahrt vor und bis zu ihren Anfängen mit der Raketenentwicklung in Peenemünde als Grundlage für die ersten Schritte der amerikanischen Raumfahrt beschäftigte, zeigten sowjetische Beiträge über die Wege der Raketen- und Raumfahrtentwicklung bis zum ersten Sputnik, die man in diesem Lande, das so viele Pioniertaten in der Raumfahrt vollbrachte, ging, daß sie bedeutende eigenständige Merkmale aufwiesen. Auf dem Kongreß wurde zu dem Thema der Entwicklung der Raketen- und Raumfahrttechnologie in der UdSSR ein historisch bedeutsames Material von Akademiemitglied V. P. Gluschko, dem Nachfolger des unvergessenen Raketen- und Raumschiffkonstruktors Koroljow, vorgelegt.

Nachdem auf dem vorletzten IAF-Kongreß 1972 in Wien das Thema des internationalen Mondlaboratoriums, das über viele Jahre behandelt worden war, beendet wurde, eröffnete man diesmal eine Diskussion über das Thema des internationalen Marslaboratoriums. Die Beiträge hierzu wurden von der Internationalen Astronautischen Akademie, die ihren Sitz in Paris hat und der Internationalen Astronautischen Föderation angeschlossen ist, vorbereitet. Dieser Akademie gehören gegenwärtig 464 ordentliche und korrespondierende Mitglieder sowie 12 Ehrenmitglieder an. Präsident ist der amerikanische Wissenschaftler Draper.

In der Diskussion über das internationale Marslaboratorium kam zum Ausdruck, daß es sich hier um ein langfristiges internationales wissenschaftliches Unternehmen für die nächsten 30 bis 50 Jahre handelt. Voraussetzung für solche langen bemannten Flüge ist die Schaffung geschlossener ökologischer Systeme.

Die IAF ist bestrebt, die Aktivität der Jugend auf dem Gebiet der Astronautik zu fördern, weil die Jugend Träger der Verantwortung für den kontinuierlichen Fortgang der Entwicklung der Raumfahrt von morgen ist. Von diesem Geist zeugte die Abhaltung der II. Internationalen Studentenkonferenz, die seit 1972 alljährlich gemeinsam mit den IAF-Kongressen durchgeführt werden soll.

Hier war auch die DDR mit zwei Vorträgen von Mitgliedern der Jugendarbeitsgruppe der Astronautischen Gesellschaft der DDR vertreten.

Bisher fanden schon zahlreiche Flüge von Kosmonauten und Astronauten im erdnahen kosmischen Raum und bis zum Mond statt. Die für die Besatzungen notwendigen Vorräte befanden sich bei den bisherigen Raumflügen an Bord der Raumschiffe, Landefahrer oder Raumstationen. Die Regenerierung der Atemluft, d. h. die Beseitigung des überschüssigen (also ausgeatmeten) Kohlendioxidgehalts der Luft bzw. der Sauerstoffatmosphäre erfolgte auf chemischem Wege innerhalb des Raumfahrzeuges.

Für jahrelange Kosmosflüge kann man aber nicht so viele Versorgungsgüter mitnehmen, wie notwendig wären. Ihr Gewichtanteil am Raumschiff würde dann mehr als 90 Prozent ausmachen. Neue Wege müssen erschlossen werden.

Als eine Lösungsmöglichkeit der „Luftreinigung“ bietet sich der normale biologische Prozeß an, wie er ständig auf der Erde stattfindet, die Photosynthese. Pflanzen entziehen dabei mit Hilfe der solaren Strahlungsenergie, also des Lichtes, dem Kohlendioxid den Kohlenstoff, den sie zum eigenen Aufbau nutzen und geben den Sauerstoff wieder an die Atmosphäre ab. Diesen natürlichen Kreislauf auch für die Raumfahrt zu nutzen, beschäftigt sich ein großes Kollektiv sowjetischer Wissenschaftler seit vielen Jahren in Krasnojarsk.

Bei dem jüngsten Experiment, das die Bezeichnung „Bios 3“ trug, arbeiteten in einem hermetisch von der Außenwelt abgeschlossenen System drei Männer und eine Frau 180 Tage. Bis auf einen bestimmten Lebensmittelvorrat erfolgte in diesen Versuchsräumen eine Selbstversorgung der Besatzung. Der Leiter des Krasnojarsker Wissenschaftler-Kollektivs Prof. Dr. Gitelson berichtete über dieses Experiment auf dem XXIV. Kongreß der Internationalen Astronautischen Föderation (IAF).

Bei diesem Versuch erfolgte nicht nur die Luftregenerierung voll auf biologischem Wege, sondern auch die Regenerierung des Wassers. Eine weitere Besonderheit dieses Experimentes bestand darin, daß hier die Besatzung die volle Kontrollfunktion des gesamten Systems inne hatte. Sie baute Pflanzen an, pflegte sie, erntete und bereitete aus den Pflanzen ihre Nahrung zu. Kartoffeln wurden gekocht und zu Suppen verarbeitet, Sauerteig geknetet und knusprige Brote gebacken. Daneben erfolgten die vielfältigsten Messungen, Datensammlungen und Auswertungen. Sämtliche Apparaturen und Anlagen wurden gewartet und betriebsfähig gehalten, und wenn es notwendig war, wurden auch Reparaturen ausgeführt. Ein Arzt sorgte außerdem für eine ständige Kontrolle des Gesundheitszustandes der Besatzung. Die anderen Mitglieder dieses Kollektivs waren ein Technologe, ein Mechaniker und ein Agronom.

Die ganze Anlage war hermetisch gegen die Außenwelt abgeschlossen. Es war also künstlich eine Situation geschaffen worden, wie sie bei späteren langdauernden bemannten Flügen auftreten wird. Die Wissenschaftler und Techniker außerhalb von „Bios 3“ hielten nur im Notfall eingegriffen.

Im Gegensatz zu vorangegangenen Experimenten, erinnert sei nur an den 365-Tage-Aufenthalt von drei Wissenschaftlern in einem ähnlichen fast geschlossenen System 1967/1968, war der Anteil der pflanzlichen Nahrungsmittelproduktion recht hoch. Die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche im System „Bios“ machte 40,3 Quadratmeter aus. Von dieser Fläche wurden pro Tag 2300 Liter Kohlendioxid auf biologischem Wege gespalten. Pro Quadratmeter und Tag wurden z. B. 19 Gramm (Trockengewicht) Weizen produziert sowie 170 Gramm anderer pflanzlicher Nahrungsmittel wie Kartoffeln und verschiedene Gemüsesorten.

Bei diesem Experiment wurden auch mehrere Arten von Mikroalgen zur Luftregeneration und Nahrungsmittelproduktion experimentell eingesetzt, auch Bakterienkulturen fanden bei der Lufterneuerung versuchsweise Verwendung.

Für maximal sechs Personen ließen sich in „Bios 3“ etwa 25 Prozent der insgesamt notwendigen Nahrung erzeugen, es waren 20 Prozent der notwendigen Kalorien. Bei den Kohlehydraten machte der Anteil etwa 30 Prozent aus, bei den Proteinen 16 Prozent und den Fetten etwa drei Prozent. Der Rest war als Vorrat vorhanden. Für die Wartung und Reparatur der Anlagen für Luft-, Wasser- und Nahrungsmittelherstellung mußte die „Besatzung“ in „Bios 3“ nur etwa 15 bis 30 Prozent der ihr zur Verfügung stehenden Zeit aufwenden.

Es herrschte ein normaler Arbeitsrhythmus zwischen Arbeits-, Frei- und Schlafenszeit. Während des Schlafes legten sie bequeme Atemmasken an, die mit dem jeweils aktiven Arbeitsraum zur Luftversorgung verbunden waren.

Die Astronauten des amerikanischen Skylab-Unternehmens hatten sich z. B. darüber beklagt, daß sie an Bord keine völlig privaten Räume hatten. Bei diesem Experiment waren sie vorhanden. Es gab während der 180 Tage der Isolierung keinerlei psychologische Spannungen.

„Bios 3“ zeigt, daß die Sowjetunion langfristig bereits Experimente ausführt, wie sie in der Praxis der Raumfahrt erst in 15 bis 20 Jahren als technische Notwendigkeit auftreten werden, dann, wenn langlebige Raumstationen existieren und bemannte Flüge zu unseren Nachbarplaneten auf dem Plan stehen.

Am Kongreß nahm eine beträchtliche Anzahl prominenter und führender Vertreter auf den Gebieten der Raumfahrt-technik und kosmischen Forschung teil.

Dazu gehörten Prof. Sedov (Vizepräsident der IAF), Prof. Gagenko (Bioastronautik), Prof. Kondratjev (Nutzsatelliten), Prof. Michailov (Astronomie), Dr. Khodajev (Datenmanagement), Dr. Grodzovsky (Antriebe), Prof. Zhukov, Dr. Vereshshetin (Raumrecht) aus der UdSSR, Prof. Napolitano (Präsident der IAF), Prof. Monti (Antriebe) aus Italien, Dr. Jaffe (Nutzsatelliten), Prof. Stuhlinger (wissenschaftliche Raumflugkörper), Dr. Pickering (Raumfahrtnutzung), Dr. Ehrlicke (Energieprobleme), Dr. v. Beek (Bioastronautik), Dr. Porter (Erdressourcen), Dr. Castruccio (Anwendung von Nutzsatelliten), Dr. Layton (Transportprobleme) aus den USA, Prof. Knoerschild (Energieprobleme), Prof. Ruppe (Transportprobleme, Kostensenkung) aus der BRD, Prof. Jaumotte (Strömungsmechanik) aus Belgien, Prof. Pešek (CETI) aus der CSSR, Prof. Barrère (Antriebe), Prof. Pepin (Raumrecht), Prof. Bouttes (Technologie/Struktur) aus Frankreich u. a.

Der XXIV. IAF-Kongreß stand in Fortführung der Arbeit der zwei vorangegangenen Kongresse entsprechend der allgemeinen Entwicklungstendenz der Raumfahrt – Nutzung zur Lösung terrestrischer Probleme – unter dem Motto „Welt-raumaktivitäten – Auswirkungen auf Wissenschaft und Technologie“. Damit zusammenhängende Themen bildeten den Schwerpunkt der einzelnen Sektionen, Symposien und Foren.

Folgende Sektionen tagten: – Raumfahrtssysteme zur Lösung erdgebundener Probleme – Raumstationen (einschl. der Nutzung für Produktionszwecke) – Technologie- und Strukturprobleme – Satellitenausrüstung für wissenschaftliche Experimente – Bioastronautik – Antriebe – Raumtransportprobleme – Weltraumaktivität – Auswirkung auf die wissenschaftlich-technische Erziehung – Strömungsmechanik – Astrodynamik – Sicherheit bei Jugendexperimenten – 3. IAF-Studentenkonferenz.

Folgende Symposien und Colloquien wurden durchgeführt

Internationales Symposium für Rettungs- und Sicherheitsfragen – Panel-Diskussion über ein internationales Marslabor – Symposium über ein Internationales Orbitallabor – Internationales Symposium über Fragen der Kostenreduzierung bei Weltraumoperationen – Internationales Symposium über die Geschichte der Astronautik – Internationales Symposium über Relativitätseffekte bei „gegenwärtigen Raumreisen“ – Internationale Übersichtsvortragsveranstaltung über Fragen der Kommunikation mit außerirdischer Intelligenz (CETI) – Internationales Symposium über Verschmutzungseffekte des Überschallfluges und die Auswirkung auf die Zusammensetzung der oberen Atmosphäre – Internationales Kolloquium über Weltraumrecht.

Die Bedeutung des Kongresses wurde durch Grußtelegramme (u. a. von UNO-Generalsekretär Dr. Waldheim) und die Präsenzen verschiedener internationaler Organisationen und Institutionen unterstrichen.

Die Eröffnung des Kongresses erfolgte im Namen des Präsidenten der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Prof. Keldysch.

Auf Festveranstaltungen hielten hohe Vertreter von Partei und Regierung des Gastgebers die Festansprachen. Die DDR konnte ihr Ansehen in der IAF weiter erhöhen. Der Leiter der DDR-Delegation sprach als Vertreter der sozialistischen Staaten auf der Abschlusszeremonie des IAF-Kongresses dem Gastgeberland herzlichen Dank für die im Zusammenhang mit der Organisation des Kongresses geleistete Arbeit aus. Erstmals wurde ein DDR-Vertreter in ein ständiges Komitee der IAF (Dr. Hollax in das Komitee für IAF-Studentenaktivitäten) durch die Generalversammlung gewählt.

Die Generalversammlung der IAF bestätigte Prof. Napolitano für ein weiteres Jahr als Präsident. In das IAF-Präsidium wurde Prof. Fildon neu gewählt (VR Polen). Prof. Pešek (CSSR) schied aus. Weitere Vizepräsidenten sind Prof. Sedov (UdSSR), Dr. Barrère (Frankreich) und Dr. Jaffe (USA).

Aus der Literatur

Pioneer 10-Ergebnisse vom Jupiter

Am 3. Dezember 1978 flog die amerikanische Raumsonde Pioneer 10 in 131400 km Abstand am größten Planeten des Sonnensystems, Jupiter, vorbei. Erste Ergebnisse der Messungen von Pioneer 10:

- Der Jupiter besitzt einen intensiven und dichten Strahlungsgürtel. Innerhalb des Strahlungsgürtels ist die Elektronenhäufigkeit etwa 100mal so groß wie die Protonenhäufigkeit. Dieses Meßergebnis ist unerwartet. Der Strahlungsgürtel ist eng mit dem Magnetfeld des Jupiter gekoppelt. Dieses Magnetfeld konnte bis in einen Abstand von 6,5 Millionen km vom Jupiter nachgewiesen werden. Die Rotationsachse des Planeten bildet mit seiner magnetischen Achse einen Winkel von 15°. Die Polarität des Jupiterfeldes ist umgekehrt wie die des Erdfeldes.
- Die Annahme, daß leichte Elemente, z. B. Helium, wesentlich am Aufbau des Jupiter beteiligt sind, konnte für Helium durch Pioneer 10 bestätigt werden.
- Mit Hilfe spektroskopischer Methoden konnte die Jupiteratmosphäre bis zu 60 km Höhe über der Wolkenschicht nachgewiesen werden. Die Ionosphäre des Riesenplaneten reicht bis in eine Höhe von 600 km, das ist etwas weniger als man bisher annahm.
- Aus den Messungen von Pioneer 10 folgt, daß die Gesamtmasse des Jupitersystems (Planet plus seine 12 Monde) wahrscheinlich um etwa 2 Erdmondmassen größer ist als man bisher angenommen hat. Es gelang auch, die Dichten der 4 großen Jupitermonde zu bestimmen.

Mond	Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Mond	Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Jo	3,50	Europa	1,93
Callisto	1,65	Ganymed	3,07

Der Mond Jo scheint eine sehr dünne Atmosphäre zu haben, die sich zu bis einer Höhe von 110 km über den Mond erstreckt.

- Die Temperaturmessungen durch die Sonde Pioneer 10 ergaben für die hellen Gebiete auf dem Jupiter -145°C und für die dunklen Regionen -137°C . Es liegt die Vermutung nahe, daß die „wärmeren“ dunklen Regionen etwas tiefer liegen als die hellen Gebiete. Außerdem wird vermutet, daß unterhalb der Wolkenschicht die Temperatur wesentlich höher liegt, eventuell sogar bei etwa 20°C .

Nach: „Sterne und Weltraum“ 3/74.

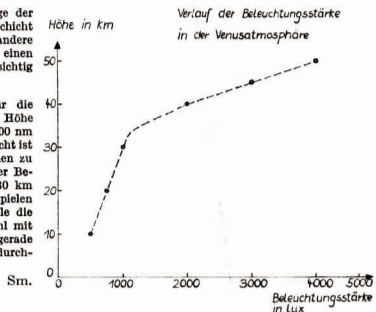
Sm.

Untere Venusatmosphäre optisch dick

Eine Materieschicht, die eine große optische Tiefe hat, nennt man optisch dick. Die optische Tiefe berechnet man für eine homogene Materieschicht als das Produkt aus der geometrischen Tiefe (Schichtausdehnung) und dem Absorptionskoeffizienten. Damit gibt es zwei Möglichkeiten für eine hohe optische Tiefe einer Schicht. Entweder hat diese Schicht eine große geometrische Ausdehnung oder die Materie besitzt einen sehr großen Absorptionskoeffizienten.

Da der Absorptionskoeffizient von der Wellenlänge der Strahlung abhängt, kann eine vorgegebene Materieschicht für eine Strahlungsart optisch tief und für eine andere optisch weniger tief sein. Wenn die optische Tiefe einen Wert wesentlich über 1 hat, ist sie praktisch undurchsichtig und man nennt sie dann optisch dick.

Sowjetische Wissenschaftler berechneten nun für die Venusatmosphäre zwischen dem Boden und einer Höhe von 28 km für den Wellenlängenbereich zwischen 500 nm und 800 nm eine optische Tiefe von 7, d. h. diese Schicht ist optisch dick und praktisch undurchsichtig. Sie kamen zu diesem Ergebnis durch die Messung des Verlaufs der Beleuchtungsstärke (s. Abb.). Diese nimmt bis zu 30 km langsam und dann sehr schnell ab. Oberhalb 30 km spielen für die Streuung des Lichtes wahrscheinlich Aerosole die Hauptrolle. Unterhalb 28 km kann man dann wohl mit einer nahezu reinen CO_2 -Atmosphäre rechnen, die gerade noch teilweise von langwelliger roter Strahlung durchdrungen wird.



Sm.

Gravitationswellen JA oder NEIN?

Auf Grund der Ergebnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein sollte es Gravitationswellen geben. Schon vor einigen Jahren veröffentlichte Weber (USA) Beobachtungsergebnisse, wonach es ihm gelungen war, Gravitationswellen nachzuweisen. Diese Wellen sollten bevorzugt aus der Richtung des Zentrums unseres Milchstraßensystems kommen. Weber registrierte im Mittel alle zwei Tage die Ankunft eines Gravitationswellenimpulses.

Wenn diese Ergebnisse richtig wären, dann müßten nach unseren heutigen physikalischen Kenntnissen aber solch große Mengen Materie im Zentrum unseres Milchstraßensystems in Strahlung umgesetzt werden, daß das Milchstraßensystem keinesfalls sein nach anderen Methoden bestimmtes Alter von mehr als 10^9 Jahren erreicht haben könnte. Auch die Erklärung, daß erst seit kurzem der Mechanismus, der die Gravitationswellen hervorruft, wirksam ist, ist unbefriedigend.

Am Münchner Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik hat man nun die Experimente von Weber wiederholt. Die bisherigen Ergebnisse sind negativ. Es gelang kein Nachweis von Gravitationswellenimpulsen. Damit bleibt das Phänomen der Gravitationswellen weiter ein offenes Problem.

Sm.

EVP 1,50 M
PZV 31052

Wasser im Kometen Kohoutek

Das Vorhandensein von ionisiertem Wasser im Kometen Kohoutek konnten amerikanische Wissenschaftler mit Hilfe von spektrographischen Aufnahmen nachweisen. Die Untersuchungsergebnisse stimmen auch mit den Auswertungen von Spektrogrammen durch andere Wissenschaftler überein. Nach Meinung von Experten gibt die Entdeckung Anlaß zu der Annahme, daß sich das gesamte Universum aus denselben Elementen wie die Erde zusammensetzt. Die Analysen stützen die Hypothese, wonach Kometen keine „feuerigen Bälle“ sind, sondern Feilstücke mit einem Eismantel.

ADN 30. 3. 74

Projekt eines Fernseh-Direktempfangssatelliten für die BRD

Von einer Firmengruppe der BRD unter der Federführung von Siemens wurde das Projekt eines Fernseh Rundfunksatelliten (FRS) erarbeitet, über den Fernsehprogramme von einer zentralen Bodenstation direkt zu Einzel- oder Gemeinschaftsantennen-Anlagen der Teilnehmer übertragen werden sollen. Der Satellit soll für das Gebiet der BRD vier Fernsehprogramme mit einer Leistung von 340 Watt je Kanal im SHF-Band abstrahlen. Folgende Daten sind in dem Projekt vorgeschlagen:

Maße: 683 kg (ohne Apogäumsmotor)

Lebensdauer: 5 Jahre

Position in der Synchronbahn: 15° wL (die Position sichert, daß sich der Satellit erst nach 1 Uhr im Schattengebiet befindet, wo keine Energie geliefert wird)

Ausleuchtungsgebiet: $0,84^\circ \times 1,35^\circ$ unter Berücksichtigung eines resultierenden Fehlers der Antennenaustrichtung von $0,1^\circ$

Kanalbreite: 30 MHz

Empfangsfrequenz: 14–14,5 GHz

Sendefrequenz: 11,7–12,5 GHz

Energieversorgung: Solarzellen mit 85 m^2 Fläche und 32 m Spannweite der Panels

Sendeanenne: $2,3 \times 1,4 \text{ m}^2$

Empfangsanenne: 0,5 m Durchmesser, 4° Halbwertsbreite, um Sendungen von allen westeuropäischen Bodenstationen aufnehmen zu können

Satellitenkonzept: dreifachsen-stabilisiert, sonnenorientierte, drehbar angeordnete, starre Solarpanels in Ultraleicht-Bauweise, Antennenaustrichtung über Lageregelung des Gesamtsatelliten.

Für den Einzellempfang am Boden sind etwa 70 cm große SHF-Antennen sowie Signalkonverter erforderlich, die die SHF-Signale in den UHF-Bereich umsetzen und gleichzeitig die in die Fernsehsignale hineingeschalteten Tonsignale rückgewinnen.

Als Trägersrakete ist eine Atlas-Centaur vorgesehen, jedoch ist das Projekt so konzipiert, daß der Nachfolgetyp der Europa-III-Rakete, die L-3-S mit 750 kg Maximalnutzmasse für die Synchronbahn verwendbar wäre.

Nach: Brüntrup, H., Kühne, F.: Siemens-Ztschr. 48 (1974) 2, S. 63–69.

h—r

5¹⁹⁷⁴ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

25 Jahre astronomische Forschung in der DDR · Dr. Siegfried Marx	129
Gibt es jenseits der Plutobahn noch Planeten ? · Prof. Dr. Johannes Hoppe	131
Schwarze Löcher und Gravitationsstrahlung · Dipl.-Astron. Jürgen Reiche	136
Der Meteoritenfall am 4. 10. 1973 im Bezirk Erfurt · Prof. Dr. Günter Hoppe	143
Amateurbeobachtungen der veränderlichen Sterne · Zdeněk Pokorný	146

Bildseiten

Abb. zum Beitrag „Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974	I
Abb. zum Beitrag „25 Jahre astronomische Forschung in der DDR	II, III, IV

Amateure beobachten und berichten

Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974 · H.-J. Blasberg	148
Saturnbedeckung durch den Mond · Fachgruppe Astronomie Crimmitschau	148
Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 3. März 1974 · Dietmar Böhme	149
Erfahrungen bei Mond- und Planetenaufnahmen mit einfachen Mitteln · Joachim Prohl	149
Veränderlichenbeobachtung mit der Kleinbildkamera · Klaus Häußler	150

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Von Radebeul bis Magdeburg. Aus der Arbeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie zwischen dem 20. und dem 25. Jahrestag der DDR · Dr. Klaus Lindner	152
Beispiele von der Tätigkeit der astronomischen Fachgruppen des Kulturbundes der DDR.	153
10 Jahre Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ Eilenburg	156
Bezirkstagung des BfA Halle/Saale · K. Tzschachmann	157
Astronomische Arbeitsgemeinschaft des VEB Carl Zeiss Jena · Helmut Wolf	157

Aus der Literatur

Die DDR im „Interkosmos“-Programm	157
Können Kometen durch Raumflugkörper erforscht werden ?	158
Der „Chef“ von Bjurakan	159
Bewegung von 3 Jupitermonden neu berechnet — Erste jugoslawische Satelliten-Bodenstation übergeben — Sonnenphysikalisches Observatorium in Debrečen übergeben — ANS — ein astronomischer Satellit der Niederlande	160
Objekt QP-172 entferntester Himmelskörper ? — Kinematographie von Kometen ? — Sternbedeckungen durch Planeten werden bibliographiert	4. Umschlagseite

Redaktionschluß: 26. 7. 1974

Nach Redaktionsschluß: Am 27. 8. 74 verstarb plötzlich unser Redaktionsmitglied OMR Dr. Karl Sigmund, Kamenz. Wir gedenken seiner in Heft 6/74.

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4–5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 60 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; Ol. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 36/37; Heinz Mielke, 1603 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionssitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 42297 44/45. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 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.

25 Jahre astronomische Forschung in der DDR

Dr. SIEGFRIED MARX

In den vergangenen drei Jahrzehnten hat die Astronomie für alle sichtbar eine sehr erfolgreiche Entwicklung genommen. Sie hat durch zahlreiche bedeutende Forschungsergebnisse einen hohen Beitrag für den allgemeinen Erkenntnisprozeß geleistet. Ganz wesentlich für die starke Aufwärtsentwicklung der Astronomie waren u. a.:

- die Herausbildung der Radioastronomie nach dem 2. Weltkrieg und die Bereitstellung immer größerer Radioteleskope mit verbessertem Auflösungsvermögen, ausgerüstet mit speziellen Nachweiseinrichtungen;
- die Konstruktion leistungsfähiger optischer Riesenteleskope bis hin zum 6-m-Spiegelteleskop der Sowjetunion, die Bestückung dieser Instrumente mit immer empfindlicheren Empfängern und der konzentrierte Einsatz der Fernrohre in klimatisch besonders günstigen Gebieten der Erde;
- die Entwicklung elektronischer Großrechner und deren Nutzung für die schnelle und umfassende Verarbeitung der anfallenden Beobachtungsdaten sowie für die Durchrechnung theoretischer Modelle und deren Vergleich mit den praktischen Beobachtungen;
- die Nutzung künstlicher Erdsatelliten für astronomische Beobachtungen außerhalb der Erdatmosphäre und damit der Zugang zu allen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums wie z. B. den Röntgen- und Gammastrahlen von Himmelskörpern;
- die Verbesserung der Organisation der wissenschaftlichen Arbeit und die Konzentration der vorhandenen personellen und materiellen Kapazität auf wichtige Schwerpunkte.

Es darf aber keinesfalls unerwähnt bleiben, daß die Astronomie – wie überhaupt jede wissenschaftliche Arbeit – für ihre erfolgreiche Entwicklung den Frieden in der Welt braucht. Deshalb muß auch die positive und erfolgreiche Entwicklung der Astronomie seit dem 2. Weltkrieg im Zusammenhang mit der Erhaltung des Friedens dank der klugen und weitsichtigen Politik der sozialistischen Staatengemeinschaft gesehen werden.

In der Deutschen Demokratischen Republik hat sich die Astronomie seit der Staatsgründung ebenfalls sehr erfolgreich entwickelt. Dies ist vor allem begründet in der starken Erweiterung der materiellen Basis, der neuen Organisation der astronomischen wissenschaftlichen Arbeit und der Konzentration der vorhandenen Kräfte auf einige Problemkreise.

Eine ganz wichtige Grundlage für die Entwicklung der astronomischen Forschungsarbeit in der DDR war der Auf- und Ausbau des Karl-Schwarzschild-Observatoriums der Akademie der Wissenschaften der DDR in Tautenburg mit dem 2-m-Spiegelteleskop [1, 2]. Das Schmidt-System dieses Fernrohres mit einer Korrektionsplatte von 134 cm Durchmesser ist das derzeit größte auf der Erde [3]. Die große Öffnung, verbunden mit der guten optischen Qualität des Systems erlaubt die Bearbeitung von Problemen, die früher nur in geringem Umfang oder gar nicht in Angriff genommen werden konnten [16]. Bei günstigen Beobachtungsbedingungen können noch Sterne mit einer scheinbaren Helligkeit von 22 Größenklassen zur Abbildung gebracht werden. Ein großer Gewinn für den Einsatz des Schmidt-Systems war die Fertigung der prismatischen Korrektionsplatte, die seit 1973 den Astronomen zur Verfügung steht [4, 5, 6]. Die Kombination von Schmidt-Korrektionsplatte und Prisma aus einem Stück wurde erstmals vom VEB Carl Zeiss JENA geschliffen. Nach ihrer Prüfung, die mit guten Ergebnissen abgeschlossen wurde, wird sie in nächster Zeit zur Lösung neuer wissenschaftlicher Aufgaben durch die Beobachtung eingesetzt werden.

Das 2-m-Spiegelteleskop kann aber neben der Schmidt-Variante auch als Cassegrain- und Coude-System genutzt werden. Das Cassegrain-System besitzt eine Brennweite von 21 m. Im Cassegrain-Fokus ist besonders der Einsatz von Spektrographen [7] und lichtelektrischen Photometern möglich. Das Coude-System des Tautenburger Teleskopes hat eine Brennweite von 92 m. Es erlaubt mit den vorhandenen Spektrographen [8] die Realisierung einer reziproken linearen Dispersion von 2 Angström pro Millimeter [9]. Ein Spektrum über den gesamten sichtbaren Bereich der elektromagnetischen Strahlung von 3000 Angström bis 8000 Angström hätte eine Länge von 250 cm.

Der Astronomie in der DDR wurde mit dem 2-m-Spiegelteleskop ein leistungsfähiges Beobachtungsinstrument zur Verfügung gestellt, dessen Effektivität ganz entscheidend von den vorhandenen Auswerte- und Zusatzeinrichtungen abhängt. Auch in dieser Hinsicht ist im Karl-Schwarzschild-Observatorium eine gute Ausrüstung vorhanden. Einerseits werden kommerzielle Geräte für die Auswertung der anfallenden Beobachtungen genutzt, andererseits spezielle Instrumente als Zusatzgeräte für das Spiegelteleskop entwickelt.

Neben dem 2-m-Spiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums der Akademie der Wissenschaften der DDR entstand nahezu gleichzeitig die Beobachtungsstation Großschwabhausen der Universitäts-Sternwarte Jena [10]. Auch sie besitzt ein Teleskop, das in zwei optischen Varianten genutzt werden kann. Als Schmidt-System hat das Instrument eine freie Öffnung von 60 cm, eine Brennweite von 180 cm, einen Gesichtsfelddurchmesser von 4,8 Grad und erreicht bei günstigen Beobachtungsbedingungen eine Grenzhelligkeit von 19,5 Größenklassen.

Beim Einsatz als Cassegrain-System kann die volle Öffnung des Spiegels von 90 cm genutzt werden. In diesem optischen System, das ebenfalls vor allem für lichtelektrische und spektroskopische Beobachtungen genutzt wird, hat das Fernrohr eine Brennweite von 1350 cm.

Neben dem Aufbau dieser beiden neuen Beobachtungseinrichtungen wurde seit 1949 durch größere Investitionen auch die Sternwarte Sonneberg beträchtlich ausgebaut und mit neuen Beobachtungsinstrumenten versehen. Es sei hier nur an das neue große Hauptgebäude, die Anschaffung des Schmidt-Spiegels mit 50 cm freier Öffnung, des Astrographen mit 49 cm Öffnung und des Cassegrain-Teleskopes mit einem 60-cm-Spiegel erinnert. Die wesentliche Grundlage für die umfangreichen Beobachtungen der Sternwarte Sonneberg wurde seit Bestehen der DDR gelegt.

Die Bereitstellung großer, modern ausgerüsteter Beobachtungseinrichtungen ist jedoch nur eine Grundlage für die positive Entwicklung einer Wissenschaftsdisziplin. Die optimale Ausnutzung der Einrichtungen verlangt auch eine langfristige Konzeption und eine einheitliche Leitung des Prozesses der wissenschaftlichen Arbeit. Vor 25 Jahren existierten auf dem Gebiet der DDR die Sternwarten der Akademie der Wissenschaften in Babelsberg, Potsdam und Sonneberg sowie die Universitäts-Sternwarte Jena mehr oder weniger nebeneinander und jede Institution hatte ihr eigenes Profil. An jeder Einrichtung arbeiteten kleinere Gruppen von Wissenschaftlern an Themen, die oft gar keine Kooperation miteinander zuließen.

Vor 6 Jahren kam es zur Gründung des Zentralinstitutes für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR, wodurch die Sternwarten Babelsberg, Potsdam, Sonneberg und das neu entstandene Karl-Schwarzschild-Observatorium eine einheitliche Leitung erhielten. In der Planung der wissenschaftlichen Arbeit des Zentralinstitutes ist auch die Forschungstätigkeit der Universitäts-Sternwarte Jena — einzige Ausbildungsstätte für Astronomen in der DDR — erfaßt, da die Universitäts-Sternwarte Nachauftragnehmer des Zentralinstitutes ist.

Diese neue wissenschaftsorganisatorische Maßnahme und die damit verbundene einheitliche Leitung des gesamten astronomischen Forschungspotentials der DDR ermöglicht einen abgestimmten und konzentrierten Einsatz aller vorhandenen personellen und materiellen Kräfte. Dies kommt u. a. darin zum Ausdruck, daß die Forschungskapazität erlaubt, in größeren Kollektiven konzentriert an Problemen zu arbeiten, die eine inhaltliche Zusammenarbeit ermöglichen und verlangen. Die wichtigsten Problemkreise sind:

- die Untersuchung extragalaktischer Sternsysteme unter besonderer Berücksichtigung von aktiven Galaxien (Markarian- und Seyfert-Galaxien), blauer Galaxien und Quasaren. Die Beobachtungsdaten für diese Untersuchungen werden in der Hauptsache mit dem Schmidt-System des 2-m-Spiegelteleskops gewonnen [11, 12, 13].
- die Untersuchung der Veränderlichkeit insbesondere junger Sterne, die noch eng mit der interstellaren Materie, aus der sie durch Kondensation entstanden sind, in räumlichem Zusammenhang stehen. Die Beobachtungen dazu erfolgen in der Hauptsache mit den zahlreichen Instrumenten der Sternwarte Sonneberg, z. T. auch mit dem Tautenburger Instrument [14, 15].
- die Untersuchung der Struktur der nichtstellaren Materie, sowohl bezüglich ihrer Zusammensetzung als auch ihrer räumlichen Verteilung. Dieser Themenkreis wird von der Beobachtung und von der theoretischen Seite her an der Universitäts-Sternwarte Jena bearbeitet. Die Aufgaben dieser Forschungsproblematik und die der Bearbeitung der Veränderlichkeit der jungen Sterne fordern geradezu zu einer Kooperation heraus.
- die Untersuchung der Eigenschaften der magnetischen Sterne einschließlich des solaren Magnetfeldes und dessen Ursache. Den Beobachtungen der magnetischen Sterne dienen insbesondere die spektroskopischen Einrichtungen des 2-m-Spiegelteleskopes.
- die Untersuchung spezieller Probleme der relativistischen Astrophysik, der Kosmologie und der Gravitationstheorie. Dieser Problemkreis wird in der Hauptsache durch eine Gruppe von Theoretikern im Zentralinstitut für Astrophysik bearbeitet. Natürlich sind auch Verbindungen zur Beobachtung im Zusammenhang mit den Fragen der extragalaktischen Forschung vorhanden.

Neben den verschiedenen Kooperationsbeziehungen zwischen den Forschungsgruppen in der DDR haben sich in den vergangenen Jahren auch sehr erfolgreiche Verbindungen zu Forschungseinrichtungen der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Länder entwickelt.

Die großzügige Unterstützung der astronomischen Forschungen durch die Regierung der DDR, die vor allem in der Bereitstellung von Mitteln für den Ausbau der Sternwarten zum Ausdruck kommt, hat im Zusammenhang mit modernen wissenschaftsorganisatorischen Maßnahmen für die positive Entwicklung der Astronomie in der Deutschen Demokratischen Republik die Grundlage gegeben.

Literatur:

- [1] N. Richter: Zehn Jahre Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg. Jenaer Rundschau 1970, Heft 6. — [2] N. Richter: Auf Dateneingang am Himmel. Astronomie und Raumfahrt 1969, Heft 4. — [3] N. Richter: Acht Jahre Erfahrungen mit der Schmidt-Kamera des 2-m-Universal-Spiegelteleskopes in Tautenburg. Jenaer Rundschau 1968, Heft 6. — [4] S. Marx, W. Pfau, N. Richter: Objektivprismenaufnahmen mit prismatischer Korrektionsplatte. Jenaer Rundschau 1971, Heft 6. — [5] H. G. Beck: Prismatische Korrektionsplatte der Schmidt-Kamera 1340/2000/4000. Jenaer Rundschau 1973, Heft 6. — [6] F. Börngen: Die Reichweite der Tautenburger Objektivprismenaufnahmen. Sonderdruck aus Jenaer Rundschau 1973, Heft 6. — [7] H. Artus: Ein Plangitterspektrograph im Cassegrain-Fokus des 2-m-Universal-Spiegelteleskopes. Jenaer Rundschau 1969, Heft 6. — [8] E. Bartl: Der Coude-Spektrograph des 2-m-Universal-Spiegelteleskopes in Tautenburg. Jenaer Rundschau 1970, Heft 6. — [9] E. Bartl: Fünf Jahre Spektroskopie am Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg. Jenaer Rundschau 1972, Heft 7. — [10] S. Marx, W. Pfau: Die neue Beobachtungsstation der Universitäts-Sternwarte Jena. Die Sterne 1965, Heft 11–12. — [11] W. Bronkalla, H. Oleak, H.-J. Treder, P. Notni: Extragalaktische Forschungen. Jenaer Rundschau 1968, Heft 6. — [12] N. Richter: Die blauen Objekte. Jenaer Rundschau 1972, Heft 7. — [13] N. Richter: Kompakte Galaxien — eine bemerkenswerte neue Kategorie von Sternsystemen. Jenaer Rundschau 1972, Heft 7. — [14] W. Wenzel: Erforschung der veränderlichen Sterne. Jenaer Rundschau 1968, Heft 6. — [15] W. Wenzel: Hier entstehen Sterne. Jenaer Rundschau 1972, Heft 7. — [16] N. Richter: Neuere Forschungsarbeiten mit dem 2-m-Universal-Spiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg. Veröffentlichungen der Archenhold-Sternwarte Nr. 44, Berlin.

Gibt es jenseits der Plutobahn noch Planeten?

Prof. Dr. JOHANNES HOPPE

Die Gravisphäre der Sonne reicht weit über die Bahn des äußersten der heute bekannten Planeten hinaus, ja man könnte fast sagen, sie beginnt eigentlich erst jenseits der Plutobahn. Setzt man in den Mittelpunkt eines Kreises von 2,5 Meter Durchmesser einen „Punkt“ von 1 Millimeter Durchmesser, dann hat man ein anschauliches Bild von dem Größenverhältnis der beiden Bereiche: der Gravisphäre der Sonne und des interplanetaren Raumes einschließlich der Plutobahn.

In diesem weiten Raume befinden sich die hundert Milliarden als Mitglieder des Sonnensystems zu betrachtenden Kometenkerne. Es ist auch heute noch der unbekannte Bereich des von der Sonne beherrschten kosmischen Raumes. Wieviel und welcher Art andere planetarische Körper diesen Raum außerdem noch bevölkern, ist gleichfalls unbekannt. Gewiß ist nur, daß dieser weite Bereich auch von der interstellaren Materie, dem Gas und den Staubpartikeln erfüllt wird, wobei nahe Begegnungen mit den Kometenkernen gelegentlich auch zum Verbleiben von interstellarer Materie im Sonnensystem führen können.

Wenn nun die Frage gestellt wird, ob jenseits der Plutobahn noch Körper von Planetengröße anzutreffen sind, so muß man an die Möglichkeiten denken, die uns deren Existenz nachzuweisen gestatten. Die älteste und einfachste Art ist die Entdeckung durch die von dem Planeten reflektierte Sonnenstrahlung. Die hierfür maßgebliche Formel ist $m = 13,61 - 2,5 \log A + 5 \log (r \Delta) - 5 \log R$, wenn, was für so weit entfernte planetarische Objekte zulässig ist, von dem Einfluß des Phasenwinkels abgesehen wird. Der maximal mögliche Phasenwinkel für $r = 50 \text{ AE}$ ($1 \text{ AE} = 1 \text{ astronomische Einheit}$) ist $1,15^\circ$. In der Formel bedeutet m die Helligkeit in „Sterngrößen“, A die Albedo des Körpers, r und Δ seinen Abstand von der Sonne bzw. der Erde in astronomischen Einheiten und R seinen Radius in Kilometern. Die vier zuletzt genannten, wesentlich eingehenden Größen sind naturgemäß unbekannt. Doch ist es auf Grund der bisherigen Erfahrungen möglich, sie in gewissen Grenzen einzuschließen. Es wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht um große Planeten handeln, die wir im Raum zwischen Pluto und etwa 100 AE Abstand von der Sonne zu erwarten haben; denn Planeten von der Größe des Neptun an besitzen eine hohe Albedo und wären ihrer Helligkeit wegen sicher bereits auf photographischen Aufnahmen entdeckt worden.

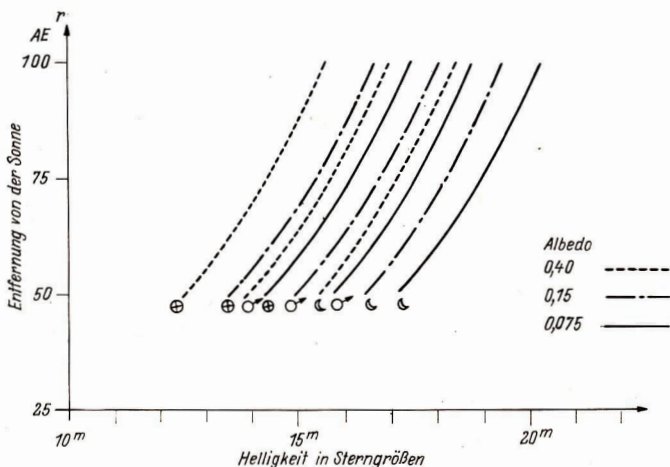


Abb. 1: Helligkeit transplutonischer Planeten als Funktion von Größe, Entfernung und Albedo.

Wir betrachten deshalb zunächst nur Körper von der Größe der Erde, des Mars und unseres Mondes und setzen als Albedo die Werte 0,40, 0,15 und 0,075 an. Die hieraus in dem Abstandsbereich zwischen 50 und 100 AE folgenden Helligkeiten können der Abb. 1 entnommen werden.

Daraus ist ersichtlich, daß wohl kaum ein Planet mit den Dimensionen und der Albedo der Erde in dem betrachteten Entfernungsbereich der Entdeckung entgangen wäre. Bei den kleineren Körpern und vor allem den niedrigeren Albedowerten sinkt die Oppositionshelligkeit in einen Bereich, in dem die Entdeckungswahrscheinlichkeit wesentlich geringer wird. Man darf nämlich nicht vergessen, daß über den Ort an der Sternsphäre, an dem man den unbekannten Körper suchen soll, nichts bekannt ist.

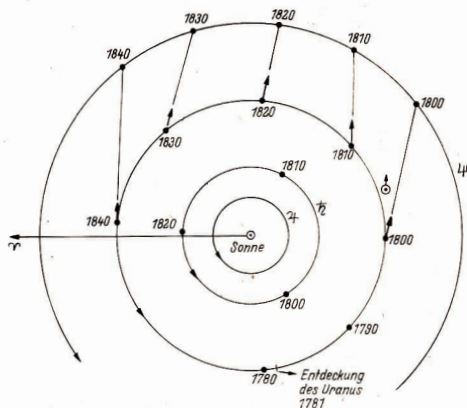
Eine zweite Möglichkeit, einen unbekannten Planeten aufzufinden, ergibt sich aus der Anziehungswirkung dieses Körpers auf beobachtbare Körper in seiner Nachbarschaft. So wurde aus der zuerst beschleunigenden und danach verzögernden Wirkung auf die Bewegung des Uranus der noch unbekannte Planet Neptun zunächst von Bessel vermutet, dann von Adams und Leverrier mit Hilfe der Störungstheorie auf der Grundlage des Newtonschen Gravitationsgesetzes berechnet und schließlich am 23. September 1846 von dem Berliner Astronomen Galle mit Benutzung der kurz zuvor fertiggestellten Sternkarte des betreffenden Himmelsareals aufgefunden. Die Stellungen der Planeten Saturn, Uranus und Neptun vor der Entdeckung des Neptun zeigt die Abb. 2.

Obwohl der Uranus seit seiner Entdeckung erst ein Viertel des vollen Umlaufs in seiner Bahn zurückgelegt hatte, war seine Position doch schon im Jahre 1800 so genau bekannt, daß Abweichungen vom vorausberechneten Ort unter den Sternen auffallen mußten, weil eine Nachprüfung der zeitlich zurückliegenden Meridianbeobachtungen von Flamsteed, Bradley, Mayer und Lemonnier ergaben, daß der Uranus zwischen 1690 und 1771 zwanzigmal beobachtet worden war, so daß seine Bahnelemente daraus schon sehr genau berechnet werden konnten. Man hatte die damaligen Beobachtungen des Uranus, den man für einen Fixstern gehalten hatte, nicht weiter bearbeitet; aber sie waren in den Beobachtungstagebüchern noch enthalten.

Die erfolgreiche Auffindung des Neptun aus winzigen Abweichungen des Uranus von der vorausberechneten Bahn veranlaßte in der Folgezeit Astronomen, nach weiteren Planeten jenseits der Neptunbahn zu suchen. Doch diese Berechnungen blieben ohne Erfolg. Das konnte einerseits daran liegen, daß der gesuchte Planet eine zu geringe Masse besaß, so daß sich seine Gravitationswirkungen den Beobachtungen entziehen konnten. Andererseits mußte die Bahn des Neptun erst völlig gesichert

Abb. 2:

Stellung der äußersten Planeten vor der Entdeckung des Neptun.



sein, bevor man so geringfügige Abweichungen sicher erkennen konnte. Gegenwärtig hat der Neptun seit seiner Entdeckung gerade erst drei Viertel seiner Bahn durchlaufen. So kann man die Entdeckung des neunten Planeten Pluto im Jahre 1930 auf photographischem Wege nicht mit der Errechnung des Neptun vergleichen. Somit scheint die Möglichkeit, aus der Gravitationswirkung noch einen Planeten im Raum jenseits des Pluto aufzufinden, erschöpft zu sein, wenn es sich nicht um einen besonders massigen und nicht allzuweit entfernten Körper handeln sollte. Die Existenz eines solchen Planeten sollte aber aus Gründen der optischen Entdeckungsmöglichkeiten, wie oben bereits erwähnt, heute wohl auszuschließen sein.

Nun gibt es jedoch noch eine dritte Möglichkeit, auf die Existenz eines Planeten schließen zu können, die im Grunde genommen auch auf die Gravitationswirkung der Masse des unbekannten Körpers zurückzuführen ist. Es handelt sich hier um eine mehr indirekte und noch nicht bis in die letzten Feinheiten entwickelte Methode, eine Beziehung zwischen einer Kometenfamilie und der Bahn des erzeugenden Planeten herzustellen. Wie Abb. 3 zeigt, ordnen sich die Häufungsstellen der Aphelidistanzen einer großen Zahl der sogenannten kurzperiodischen Kometen den mittleren Abständen der Planeten Jupiter, Saturn und Uranus ziemlich eindeutig zu. Danach bleiben die Verhältnisse etwas weniger klar. Das mag zum Teil daran liegen, daß man den Mechanismus der Bildung von Kometenfamilien noch nicht vollständig erkannt hat.

Auf das Vorhandensein einer Transplutokometenfamilie mit damals acht Mitgliedern hat Schütte 1949 in *Popular Astronomy*¹⁾ hingewiesen und die Liste dieser Kometenfamilie 1965 um drei Mitglieder vermehrt²⁾. Schütte gelangt auf Grund dieses Materials zu dem Schluß, daß die Kometenfamilie des Transpluto nächst der des Jupiter die größte ist und auf einen Planeten mit der großen Halbachse von $a = 88,4$ AE schließen läßt. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Mitglieder der Transplutokometenfamilie.

Zu einem teilweise anderen Ergebnis gelangt Tschebotarjev³⁾ in einer Untersuchung über die Existenz von transplutonischen Planeten auf Grund von Bahneigenschaften periodischer Kometen. Unter Hinzunahme von fünf weiteren Kometen mit Aphelentfernungen jenseits der Plutobahn (Tabelle 2) auf die bereits Schütte 1949 aufmerksam gemacht hatte, die er jedoch für eine Familie des Pluto hielt, neigt Tschebotarjev der Ansicht zu, daß es sich um eine zweite transplutonische Kometenfamilie handelt. Demnach wären im Abstandsbereich zwischen Pluto und etwa 100 AE. belegt durch die beiden Kometenfamilien, insgesamt zwei transplutonische Planeten (TP) zu erwarten.

¹ C. H. Schütte, *Popular Astronomy*, 57.176 (1949)

² K. Schütte, *Acta Astronomica*, Vol. 15 (1965) No 1

³ G. A. Tschebotarjev, *Bull. Inst. Theoret. Astron. Leningrad*, Bd. XIII, No 3, S. 145 (1972)

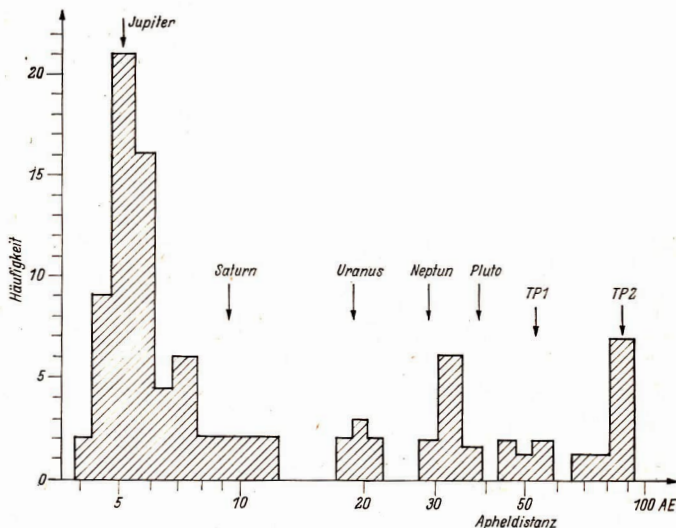


Abb. 3: Häufigkeit der Apheldistanzen von kurzperiodischen Kometen, den Kometenfamilien, deren Bildung man der Gravitationswirkung der äußeren Planeten zuschreibt. (Nach Weigert-Zimmermann, Brockhaus ABC Astronomie, Leipzig 1971, S. 166.)

Tabelle 1

Die elf Mitglieder der Transplutokometenfamilie

Nr.	Name	Bezeichnung	a _{AE}	P _{Jahre}	e	i	Q _{AE}
1	Giacobini	1905 III	37,1	226,2	0,96993	40°2	73,1
2	Peters	1857 IV	38°0	234,7	0,98037	32°8	75,3
3	Forbes	1932 X	41,0	262,1	0,97239	24°5	80,8
4	Brooks	1885 III	42,2	274,5	0,98226	59°1	83,7
5	Whipple	1932 V	44,2	294,2	0,97655	71°7	87,4
6	Ensor	1932 I	45,0	302,0	0,97213	74°3	88,7
7	Coggia	1874 IV	45,4	306,0	0,96283	34°1	89,1
8	Ikeya	1964 f	46,9	321,5	0,98249	171°9	93,0
9	Mrkos	1955 III	50,0	353,3	0,98931	80°5	99,4
10	Nagata	1931 III	50,3	356,3	0,97917	42°3	99,5
11	Honda	1941 II	51,7	371,7	0,98178	26°3	102,5

Tabelle 2

Nr.	Komet	a _{AE}	P _{Jahre}	e	i	Q _{AE}
1	1862 III	24,3	119,6	0,960	113°6	47,6
2	1889 III	25,5	128,3	0,957	31°2	49,8
3	1917 I	27,6	145,3	0,993	32°7	55,0
4	1939 VI	29,0	156,0	0,974	64°2	57,2
5	1907 II	30,0	164,3	0,969	109°8	59,0

Tabelle 3

D _{km}	Helligkeit
800	22 ^m
2000	20 ^m
5000	18 ^m
12500	16 ^m

Tabelle 4

D _{km}	Helligkeit
2600	22 ^m
6200	20 ^m
15000	18 ^m
38000	16 ^m

So soll also die Gruppe der fünf Kometen der Tabelle 2 auf einen transplutonischen Planeten mit der großen Halbachse seiner Bahn von $a = 53,7$ AE hindeuten. Daraus ergibt sich für den TP 1 eine Umlaufzeit von 394 Jahren. Mit der Albedo unseres Mondes erhält Tschebotartjev für verschiedene angenommene Durchmesser D die in Tabelle 3 gegebenen Helligkeiten.

Aus der von Schütte aufgestellten Liste (Tabelle 1) der großen transplutonischen Kometenfamilie, aus der eine große Halbachse der Bahn des zweiten transplutonischen Planeten TP 2 von $a = 88,4$ AE folgt, hält Tschebotartjev eine große Halbachse im Bereich zwischen 80 und 100 AE für möglich. Für die Umlaufzeit ergäbe sich der Spielraum von 715 bis 1000 Jahre, mit dem wahrscheinlichsten Wert von 830 Jahren.

Für die obere Grenzentfernung würden sich unter den gleichen Bedingungen zum Erreichen derselben Helligkeiten nach Tschebotartjev die in Tabelle 4 mitgeteilten Durchmesser ergeben.

Damit der Planet TP 2 auf etwa kreisförmiger Bahn die Oppositionshelligkeit von 16^m erreichen könnte, müßte er danach knapp den dreifachen Erddurchmesser haben. Bei ungefähr gleicher Dichte würde seine Masse mit denen von Neptun und Uranus vergleichbar sein. Ein solcher Wert scheint, wenn man die Häufigkeit der Kometenaphelie in Abb. 3 betrachtet, durchaus möglich. Andererseits sollte man erwarten, daß ein Planet dieser Größe auch weitere Ähnlichkeiten mit den Großplaneten aufweisen müßte, so vor allem die hohe Albedo. Damit aber würden seine, durch die vorausgesetzte niedrige Mondalbedo erhaltenen Dimensionen wieder zusammenschrumpfen. Aus diesen Überlegungen geht wohl eindeutig hervor, daß noch viele Möglichkeiten für kritische Betrachtungen bestehen, so lange nicht die Realitäten der Transplutone diesen Spekulationen ein Ende setzen.

In der Abb. 3 fällt außerdem auf, daß Neptun und Pluto eine gemeinsame Kometenfamilie erzeugt haben. Zwischen den Umlaufzeiten dieser beiden Planeten besteht nicht nur das Verhältnis 2 : 3, so daß in Abständen von rund 495 Jahren der Neptun den Pluto überholt (Konjunktion), sondern Pluto erreicht um sein Perihel sogar eine geringere Entfernung von der Sonne, als Neptun. Trotzdem kann es dadurch zu keiner nahen Begegnung zwischen den beiden Planeten kommen, weil ihre Bahnebenen am Ort des Perihels von Pluto einen Winkel von rund 14° einschließen, so daß noch ein Abstand von reichlich 7 AE bleibt. Dennoch ist dieser einmalige Zustand unter den großen Planeten bemerkenswert. Vielleicht ist überhaupt gerade diese Abstandsvariation zwischen Neptun- und Plutobahn — letztere variiert zwischen 29,8 und 49,3 AE — der Grund für das Auftreten einer gemeinsamen Kometenfamilie.

Nach dieser Lageübersicht scheint es berechtigt, die Frage nach der Auffindung dieser bisher ja nur indirekt durch Indizien erschlossenen transplutonischen Planeten zu stellen. Wie oben gesagt, braucht man bei der Bestimmung der Helligkeit den Effekt des Phasenwinkels nicht zu berücksichtigen; denn für die beiden Transplutone ergeben sich folgende Werte: für TP 1 ein maximal möglicher Phasenwinkel von 1° 4', für TP 2 nur 39'. Verglichen mit dem Vollmond wäre der Phaseneffekt in Helligkeit der gleiche wie (TP 1) zwei Stunden vor bzw. nach Vollmond, resp. (TP 2) 80 Minuten vor bzw. nach der Phase 0°. Die Helligkeitsschwankungen der beiden Transplutone lägen also, den steilen Abfall der Mondphasenkurve vorausgesetzt, bei $+0,022^m$ resp. bei $+0,015^m$. Dagegen sind die Helligkeitsschwankungen, die durch den verschiedenen großen Abstand der Erde von den Transplutonen hervorgerufen werden, etwas größer. Sie betragen nämlich für TP 1 $\pm 0,040^m$ und für TP 2 $\pm 0,025^m$. Dennoch ist es nicht unbedingt vorteilhafter zu versuchen, den unbekannten Planeten in der Oppositionsstellung photographisch zu erfassen, wie dies bei den Planetoiden üblich und erfolgreich ist, weil hier die relativ geringere Entfernung zur Erde einen erheblichen Helligkeitsgewinn bringt.

Da in unserem Falle durch die beiden transplutonischen Kometenfamilien die beiden wahrscheinlichen mittleren Abstände von der Sonne ungefähr bekannt sind, könnte man freilich der photographischen Kamera im Sinne der täglichen Umdrehung des Himmels einen Vorlauf von 2,8 bzw. 1,7 Bogensekunden pro Stunde geben. Kurzbrennweitige, lichtstarke Objektive haben keine derartige Definitionskraft, daß diese Eigenbewegung berücksichtigt zu werden braucht. Nur bei längerbrennweitigen Objektiven und dementsprechend längeren Belichtungszeiten wäre die Fortbewegung erkennbar. Ob diese Bewegung aber gerade in der Ebene des Äquators oder der Ekliptik verläuft, ist

fraglich. Deshalb ist es vorteilhafter, um einen Verlust an Strahlungsintensität zu vermeiden, die photographische Kamera auf den Antapex und den Apex der Erdbewegung um die Sonne zu richten.

Mit den heute in Schul- und Volkssternwarten vereinzelt vorhandenen instrumentellen Mitteln könnten derartige Untersuchungen ohne besondere Schwierigkeiten durchgeführt werden. Als Anregung dazu soll eine Helligkeitsbetrachtung dienen.

Es sei im Hinblick auf die in der Abb. 3 dargestellte Häufigkeitsverteilung angenommen, daß TP 1 kleiner als TP 2 ist. Wir geben TP 1 die Dimensionen des Erdmondes und TP 2 die des Planeten Mars. Als Albedo sei für beide der Wert $A = 0,16$ mit der Begründung gewählt, daß in jenen Sonnenfernen Reifniederschläge möglich sind und die Albedo des Pluto ebenfalls diesen Wert hat. Unter den genannten Umständen würde TP 1 die Helligkeit $m_1 = +16,66^m$ und TP 2 die Helligkeit $m_2 = +17,40^m$ erreichen. Liegen die Verhältnisse günstiger, d. h. sind die Transplutone größer oder hat ihre Albedo höhere Werte, dann sind die Planeten heller und können noch leichter aufgefunden werden. Die Tatsache, daß der Leiter des Instituts für Theoretische Astronomie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, G. A. Tschebotarjev die Frage transplutonischer Planeten untersucht, läßt erkennen, daß es gegenwärtig auch noch für die Bodenastronomie aktuelle Probleme in unserem Planetensystem gibt.

Schwarze Löcher und Gravitationsstrahlung

Dipl.-Astr. JÜRGEN REICHE

Schon oft ist es in der Geschichte der Naturwissenschaften vorgekommen, daß Objekte, Erscheinungen oder Prozesse theoretisch vorausgesagt wurden, noch lange bevor sie experimentell entdeckt bzw. nachgewiesen werden konnten. So wurden elektromagnetische Wellen erstmals 1880 von H. Hertz erzeugt, zu einer Zeit, zu der die Maxwellsche Theorie der Elektrodynamik einschließlich der Theorie der elektrodynamischen Wellen schon existierte. Und die Neutronensterne „lagen“ schon lange vor der Entdeckung der Pulsare im Jahre 1967, sauber ausgerechnet, „im Schreibtisch“ (Oppenheimer und Volkoff 1939).

Auf der Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie wurden von Oppenheimer und Snyder 1939 Objekte vorausgesagt, die als Schwarze Löcher (black holes) bezeichnet werden. Aus der allgemeinen Relativitätstheorie folgt ebenfalls — wie Einstein vor mehr als einem halben Jahrhundert zeigte — die Existenz von Gravitationswellen. Beide Phänomene, Schwarze Löcher und Gravitationswellen, stehen in der modernen Astrophysik und in der theoretischen Physik im Blickpunkt des Interesses. Schließlich würde ihr Nachweis eine Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie sein und der Astrophysik ein weiteres „Fenster zum All“ öffnen. Leider konnte bisher weder das eine noch das andere zweifelsfrei nachgewiesen werden. Jedoch bemühen sich die Theoretiker, Beobachtungsmöglichkeiten zu erarbeiten, während die Astro- bzw. Experimentalphysiker den beiden Erscheinungen „nachjagen“.

1. Schwarze Löcher

1.1. Was sind Schwarze und was sind Weiße Löcher ?

Der Name „Schwarzes Loch“ wird für Objekte verwendet, aus deren Innerem weder Materie noch Strahlung, also keinerlei Information, nach außen gelangen kann. Das ist nicht zu verwechseln mit dem „Inneren“ eines gewöhnlichen Sternes, das ja als der Bereich eines Sternes definiert ist, von dem aus keine Strahlung direkt nach außen gelangen kann. Diese muß erst mehrfach mit der Sternmaterie wechselwirken und wird schließlich von der Atmosphäre abgestrahlt. Aus dem Inneren eines Schwarzen Loches gelangt dagegen weder direkt noch indirekt Strahlung nach außen (daher der Name). Das liegt an der sehr großen Masse, die in einem sehr kleinen Raum „eingefangen“ ist und eine so starke Anziehungskraft auf Materie und Strahlung ausübt, daß beide nicht entweichen können. Ein Schwarzes Loch kann daher zwar Materie auf sammeln und wachsen, aber keine Materie ab-

geben und kleiner werden. Wie extrem die Materieansammlung in einem Schwarzen Loch ist, wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß der Radius eines Schwarzen Loches von einer Sonnenmasse nur 3 km beträgt! Dabei füllt die Materie nicht den gesamten Raum aus, sondern befindet sich nur im Zentrum. (Der Rand eines Schwarzen Loches ist mithin eine gedachte Fläche im Vakuum.) Unter diesen extremen Bedingungen kann die Theorie über den Materiezustand keine Aussagen mehr machen.

Mit einem Gravitationsfeld ist eine entsprechende Metrik des Raumes verbunden. Bei den starken Gravitationsfeldern im Inneren der Schwarzen Löcher ist die Raumkrümmung sehr groß, in der im Zentrum befindlichen Singularität sogar unendlich groß. Da bei einem Schwarzen Loch die innere Singularität aus den genannten Gründen von außen nicht gesehen werden kann, bezeichnet man sie als „verdeckte Singularität“. Es gibt Hinweise darauf, daß „nackte Singularitäten“ — das Gegenteil — in der Natur nicht vorkommen.

Die bisher genannten Eigenschaften machen auch die kosmologische Bedeutung der Schwarzen Löcher deutlich, handelt es sich doch bei diesen lokalen Singularitäten gewissermaßen um ein kleines Abbild der Singularität des Universums, wie sie beim „Urknall“ vorlag und wie sie durch Kontraktion des gesamten Universums u. U. wieder auftreten könnte.

Die heutigen Vorstellungen über die Entstehung des überblickbaren Universums gehen ja dahin, daß sich vor etwa 10–15 Milliarden Jahren die gesamte Materie im Kosmos in einem sehr kleinen Raum befand, der sehr schnell expandierte (Urknall) und dessen Expansionsbewegung heute noch vorhanden ist.

Es ist prinzipiell denkbar, daß einige lokale Gebiete zur Zeit des Urknalls die allgemeine Expansionsbewegung nicht mitmachten, also heute Singularitäten im umgebenden Raum darstellen. Es könnte nun sein, daß diese Gebiete plötzlich auch zu expandieren beginnen, die Expansion gewissermaßen „nachholen“ („verzögerte Kerne“). Dann würden plötzlich sehr große Energiemengen frei. Solche Objekte werden daher von den Theoretikern als „Weiße Löcher“ (white holes) bezeichnet. Bisher gibt es noch keine Anzeichen, daß Weiße Löcher tatsächlich existieren. Ähnliches gilt für die Grauen Löcher, ebenfalls aus der Urzeit des Kosmos erhalten gebliebene Singularitäten (verzögerte Kerne), die aber ungenügend Energie haben, um zum umgebenden Universum „aufschließen“ zu können und damit von diesem stets isoliert bleiben.

1.2. Wie entstehen Schwarze Löcher?

Schließlich sei in kosmologischer Hinsicht noch die Möglichkeit erwähnt, daß beim Beginn der Expansion, also unmittelbar nach dem Urknall, sehr starke Inhomogenitäten und Anisotropien in der Materieverteilung bestanden haben. Dann wäre die Kondensation von individuellen Körpern möglich gewesen, die nicht stabil gegen Gravitationskollaps gewesen sind. Auf diese Weise sind u. U. die ersten Schwarzen Löcher entstanden.

Davon abgesehen, werden Schwarze Löcher allgemein als eines der möglichen Endstadien für Sterne nach ihrem „Tode“ angesehen. Die Fixsterne müssen ja irgendwie die von ihnen ausgestrahlte Energie im Inneren freisetzen, wenn sie im Gleichgewicht bleiben wollen. Dabei gehen im Inneren der Sterne Veränderungen vor sich — durch Kernprozesse wird Wasserstoff in Helium bzw. Helium in Kohlenstoff bzw. Kohlenstoff in noch schwerere Elemente umgesetzt —, der Stern erlebt eine Entwicklung.

Wenn die Energieressourcen im Inneren erschöpft sind, ist die Entwicklung des Sternes beendet und er „stirbt“, d. h. er geht in einen Endzustand über. Als solche Endzustände kommen Weiße Zwerge, Neutronensterne und schließlich Schwarze Löcher in Frage. Welcher Zustand von dem Stern „ausgesucht“ wird, hängt von seiner Masse ab. Ist sie kleiner als etwa 1,4 Sonnenmassen, kann ein Weißer Zwerg entstehen, da das in diesem befindliche entartete Elektronengas den darüberlagernden Massen noch die Waage halten kann. Wird die Masse größer als der angegebene Wert, so bildet sich ein Neutronenstern, in dem praktisch Atomkernsdichte herrscht. Man kann ihn als einen einzigen Riesenatomkern auffassen. Sein Radius beträgt nur etwa 10 km! Ist aber die Masse des Sternes größer als ungefähr 2 Sonnenmassen, dann können auch die Neutronen den von der Sternmaterie ausgeübten Druck nicht mehr ausgleichen, und die Gravitation überwiegt alle anderen Kräfte. Es beginnt dann eine unumgehbare Kontraktion (Gravitationskollaps) in eine sogenannte Schwarzschild-Singularität.

Diese Kontraktion dauert für einen äußeren Beobachter unendlich lange. Nähert sich nämlich der Radius des Sternes dem sogenannten Schwarzschild-Radius $R_s = 2GM/c^2$ (G — Gravitationskonstante, M — Masse des Sternes), dann wird die Materieverdichtung so groß, daß eine bedeutende Zeitdilatation auftritt, d. h. von der Sternoberfläche ausgehende Lichtblitze erreichen zunehmend verspätet den Beobachter. Schließlich würde ein Lichtsignal, das ausgesandt wird, wenn der Sternradius gleich dem Schwarzschild-Radius ist, unendlich lange brauchen, um zu einem fernen Beobachter zu gelangen.

Anders gesagt: Für einen weitab befindlichen Beobachter nähert sich der Stern asymptotisch dem Schwarzschild-Radius. Außerdem sieht ein äußerer Beobachter den Stern allmählich röter werden, denn die Photonen müssen gegen die Anziehungskraft des Sternes beim Entweichen Arbeit leisten, was bedeutet, daß ihre Energie $E = h\nu$ abnimmt, die Wellenlänge zunimmt und die Strahlung verrotet. Schließlich werden die Wellenlängen immer größer, die Strahlung immer verzögerter, und der Stern beginnt für den äußeren Beobachter von der Mitte her zu verdunkeln. Er erhält letztlich keinerlei Signale mehr von dem Objekt — er hat ein Schwarzes Loch vor sich.

Für einen Beobachter allerdings, der sich auf der Oberfläche des Sternes befindet und mitkollabiert, wird der Schwarzschild-Radius durchaus in endlicher Zeit unterschritten, und der Stern kollabiert in eine Singularität. Sobald sich der Beobachter innerhalb des Schwarzschild-Radius befindet, hat er, genau wie das Licht, keine Möglichkeit mehr, wieder hinauszugelangen. Im Gegenteil „fällt“ er unabwendbar auf das Zentrum zu, da im Schwarzen Loch kein stationärer Zustand herrschen kann. Innerhalb eines Schwarzen Loches vertauschen nämlich Raum (Entfernung) und Zeit gewissermaßen ihre Rollen. Die Entfernung eines jeden Teilchens vom Zentrum des Loches muß immer und ständig abnehmen, ähnlich wie normalerweise die Zeit immer zunimmt. Anders gesagt: Der Raum stürzt unaufhörlich auf das Zentrum zu und zieht alles mit sich.

1.3. Welche Merkmale haben Schwarze Löcher ?

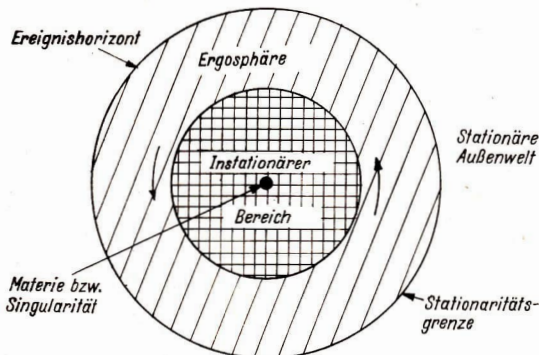
Entsteht ein solches Schwarzes Loch, dann gehen bei seiner Bildung alle Eigenschaften der Materie bis auf drei verloren. Der Endzustand hat eine minimal mögliche Struktur, die mit den fundamentalen Erhaltungssätzen verträglich ist. Verloren gehen z. B. auch die Quanteneigenschaften der Materie, so daß Schwarze Löcher, die aus Materie, aus Photonen bzw. aus Antimaterie bestehen, prinzipiell nicht unterscheidbar sind. Die bleibenden Parameter sind lediglich Masse, Drehimpuls und Ladung. Danach kann man die Schwarzen Löcher in vier Typen einteilen:

1. Im einfachsten Fall ist das Schwarze Loch nicht geladen und rotiert nicht (Schwarzschild).
2. Komplizierter ist die Geometrie, wenn das Schwarze Loch außer der Masse noch einen Drehimpuls besitzt (Kerr).
- 3./4. Das Schwarze Loch besitzt Masse und Ladung bzw. alle drei Eigenschaften zusammen.

Wahrscheinlich sind Übergänge zwischen den einzelnen Typen durch Accretion möglich.

Interessant ist die von Roy Kerr untersuchte Struktur der Schwarzen Löcher mit Masse und Drehimpuls. Bei ihnen bestehen gleichsam zwei Grenzflächen. Innen befindet sich der Ereignishorizont, die Oberfläche, aus der weder Materie noch Strahlung nach außen gelangen kann (Abb. 1). Weiter außen ist der Rand der stationären Außenwelt, die sogenannte Stationaritätsgrenze. Diese beiden Grenzflächen fallen beim ersten und einfachsten Typ zusammen, hier aber befindet sich zwischen bei-

Abb. 1: Querschnitt durch ein Schwarzes Loch, das außer seiner Masse auch einen Drehimpuls besitzt. Die Rotationsachse steht senkrecht auf der Papierebene (nach Kundt).



den die sogenannte Ergosphäre. Wenn nun ein Teilchen unter günstigen Bedingungen von außen in die Ergosphäre fällt, kann es passieren, daß es in Hälften aufspaltet, deren eine in das Schwarze Loch fällt und deren andere mit mehr Energie entweicht, als das einfallende Teilchen besaß. Auf diese Weise wird dem Schwarzen Loch Energie (Rotationsenergie) entzogen. Es dürfte dann allmählich in ein nichtrotierendes Schwarzes Loch übergehen.

1.4. Wie beobachtet man Schwarze Löcher ?

Wir haben nun schon eine ganze Reihe Eigenschaften der Schwarzen Löcher aufgezählt, aber das Wichtigste ist uns bisher noch entgangen. Wir wissen, daß aus einem Schwarzen Loch keine Information nach außen gelangen kann. Wie soll man ein solches Objekt dann aber beobachten ? Besteht überhaupt eine Chance, daß ein Astronom eines Tages ein solches findet ? Zunächst könnte man daran denken, ein Schwarzes Loch im Entstehungszustand zu beobachten, etwa das charakteristische optische Verschwinden oder die abgestrahlten Gravitationswellen. Aber den Zeitraum des Verschwindens eines „verdächtigen Objektes“ gerade abpassen und miterleben zu können, ist unwahrscheinlich.

Nun kommt uns die Tatsache zu Hilfe, daß sich ein Schwarzes Loch auch nach dem Entstehungsprozeß noch für seine Umgebung bemerkbar macht, nämlich durch seine Gravitation, die wie bei einem normalen Stern alle Testpartikel mit (schwerer) Masse beeinflußt. Dabei könnte es folgende beobachtbaren Gravitationswirkungen geben:

1. Wenn ein Schwarzes Loch eine Komponente eines Doppelsternsystems ist, würden beide Komponenten um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, und die sichtbare Komponente würde charakteristische Hin- und Herbewegungen ausführen, aus denen sich sogar u. U. die Masse des unsichtbaren Begleiters abschätzen läßt. Allerdings sind solche Beobachtungen recht schwierig.

Möglicherweise ist der Begleiter von ϵ Aurigae ein Schwarzes Loch, das von stellaren Bruchstücken umkreist wird. Man hat die Masse des unsichtbaren Begleiters zu ungefähr 23 Sonnenmassen abgeschätzt, und wenn der Begleiter vor dem Hauptstern vorbeigeht, treten ungewöhnliche Spektren auf. Nach Cameron ist die wahrscheinlichste Interpretation die, daß es sich um ein Schwarzes Loch handelt.

2. Wenn ein Schwarzes Loch Komponente eines Doppelsternsystems ist, kann sich auch eine Möglichkeit für die Beobachtung ergeben. Im Laufe seiner Entwicklung durchläuft der sichtbare Stern nämlich Phasen, in denen er sich ausdehnt. Erreicht er dabei die sogenannte Roche-Grenze, so kann Sternmaterie, ohne Anziehungskräfte überwinden zu müssen, vom sichtbaren Stern zum Begleiter überfließen. Die Materie wird vom Schwarzen Loch angesogen und bildet noch vor Erreichen des Ereignishorizontes eine heiße rotierende Scheibe aus, die vor allem im Röntgengebiet strahlt. Die Theoretiker befassen sich z. Zt. damit, die zu erwartenden Charakteristiken dieser Strahlung zu erarbeiten.

Die Röntgenstrahlungsquelle Cygnus X-1 wurde in dieser Hinsicht von H. Tananbaum als ein Doppelsternsystem mit einem Schwarzen Loch gedeutet. Die Hauptkomponente soll ein B0-Stern sein, während die aus den Bewegungen der Hauptkomponente abgeleitete Masse für den unsichtbaren Begleiter 3 Sonnenmassen beträgt, also sehr wahrscheinlich ein Schwarzes Loch ist.

3. Schließlich hat man sich überlegt, was geschieht, wenn ein Schwarzes Loch vor einem Stern vorbeigeht. Da die Schwarzen Löcher sehr kleine Radien (≈ 3 km) haben, wird das Licht des Sternes (Sonnenradius ≈ 700000 km) praktisch nicht abgeschirmt werden. Aber die Lichtstrahlen des Sternes werden in der Nähe des Schwarzen Loches durch die große Anziehungskraft eine Ablenkung erfahren — sie werden fokussiert. Unter günstigen Abstandsverhältnissen sollte daher ein Stern, wenn ein Schwarzes Loch vorbeizieht, für einen Beobachter heller als sonst erscheinen. Ein solcher Effekt ist bisher noch nicht beobachtet worden.

Phantasiereich und einnehmend ist die Interpretation des Tunguska-Ereignisses von 1908 als verursacht durch ein „Mini“-Schwarzes Loch von einigen Ängström Durchmesser, das in der Tunguska „einschlug“, durch die Erde hindurchging und sie gegenüber dem Einschlagsort wieder verließ (Jackson und Ryan). Damit können viele Beobachtungstatsachen erklärt werden, andere wiederum nicht. Wahrscheinlicher ist, daß das Ereignis von einem Kometen verursacht wurde.

2. Gravitationswellen

Wir erwähnten, daß beim Entstehen von Schwarzen Löchern Gravitationswellen ausgestrahlt werden. Selbiges geschieht, wenn zwei Schwarze Löcher zusammenstoßen und sich zu einem neuen „vereinigen“. Der folgende Abschnitt dieses Beitrags soll sich nun mit diesen Gravitationswellen befassen.

2.1. Was sind Gravitationswellen?

Analog zu elektromagnetischen Wellen, die sich räumlich ausbreitende, u. U. periodisch auftretende Änderungen des elektromagnetischen Feldes darstellen, versteht man unter Gravitationswellen sich räumlich ausbreitende Änderungen des Gravitationsfeldes. Wir wollen uns zunächst noch einmal den Mechanismus der Wellenausstrahlung bei elektromagnetischen Wellen überlegen und dann Analogieschlüsse auf die Gravitationsstrahlung ziehen.

Es sei ein System von (ruhenden) elektrischen Ladungen gegeben. Dann wird in sehr großen Entfernungen — verglichen mit den Dimensionen des Systems — seine Struktur nicht „erkennbar“ sein. Das System wirkt dann wie eine Punktladung, und das von ihm erzeugte elektrische Feld ist proportional der Überschußladung und hängt natürlich noch von der Entfernung ab (0. Näherung). Mißt man etwas genauer bzw. befindet man sich etwas näher am System der Ladungen, macht sich die endliche Ausdehnung des Systems bemerkbar. Das Feld ist dann durch ein Glied zu ergänzen, das proportional zum Dipolmoment des Systems

$$\vec{\vartheta} = \sum_i q_i \vec{w}_i$$

(q_i — Größe der Ladungen, $\vec{w}_i$ — Ortsvektoren der Ladungen) ist und stärker von der Entfernung abhängt. Treibt man schließlich die Näherung noch weiter, so ergibt sich ein Glied, das vom Quadrupolmoment des Systems

$$Q_{\alpha\beta} = \sum_i q_i (3x_{(i)\alpha} x_{(i)\beta} - x_{(i)\gamma} x_{(i)\gamma'} \delta_{\alpha\beta})$$

abhängt. Der Laufindex i bezeichnet wieder die Nummer der Ladung, x_α sind die Komponenten der Ortsvektoren zu den Ladungen und

$$\delta_{\alpha\beta} = \begin{cases} 1 & \text{für } \alpha = \beta \\ 0 & \text{für } \alpha \neq \beta \end{cases}$$

Das Quadrupolmoment ist ein Tensor zweiter Stufe.

Hat man dagegen ein System bewegter Quellen (Ladungen) gegeben, dann wird man sowohl ein elektrisches als auch ein magnetisches Feld beobachten können. Aus dem elektrischen und magnetischen Feld kann die Intensität der Ausstrahlung in den gesamten Raum (Energieabgabe pro Zeiteinheit) berechnet werden (über den Poynting-Vektor). Befindet sich der Beobachter in großen Entfernungen, kann wiederum eine Näherungsbetrachtung durchgeführt werden. In erster Näherung ist die Intensität proportional dem Quadrat der zweiten zeitlichen Ableitung des Dipolmomentes $\ddot{\vartheta}^2$, daher als Dipolstrahlung bezeichnet. In der nächsten Näherung ergibt sich die viel schwächere Quadrupolstrahlung, die dem Quadrat der dritten zeitlichen Ableitung des Quadrupolmomentes $\ddot{Q}_{\alpha\beta}^2$ proportional ist, und zusätzlich noch eine sogenannte magnetische Dipolstrahlung, die dem Quadrat der zweiten zeitlichen Ableitung des magnetischen Momentes $\ddot{\mathfrak{M}}^2$ mit

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{2c} \sum_i q_i (\vec{w}_i \times \vec{w}_i)$$

proportional ist. Die Quadrupolstrahlung (und die magnetische Dipolstrahlung) ist klein gegen die Dipolstrahlung; sie spielt dann eine Rolle, wenn das System keine Dipolstrahlung aussendet. Insgesamt hat man in dieser Näherung für die pro Zeiteinheit abgestrahlte Energie

$$I = \frac{2}{3c^3} \ddot{\vartheta}^2 + \frac{1}{180c^5} \ddot{Q}_{\alpha\beta}^2 + \frac{2}{3c^3} \ddot{\mathfrak{M}}^2$$

Da das Dipolmoment (und das magnetische Dipolmoment) in der zweiten zeitlichen Ableitung $\ddot{\vartheta} = \sum q_i \cdot \ddot{\vec{w}}_i$ und das Quadrupolmoment sogar in der dritten zeitlichen Ableitung eingeht (es entstehen Glieder mit $\ddot{x}_\alpha x_\beta$ und $\ddot{x}_\alpha \dot{x}_\beta$), strahlt ein solches System nur ab, wenn sich die Ladungen in ihm **beschleunigt** bewegen.

Besteht ein abgeschlossenes Ladungssystem aus gleichartigen Teilchen, genauer gesagt aus Teilchen, bei denen das Verhältnis von Ladung zu Masse gleich groß ist, so tritt eine bemerkenswerte Eigenschaft auf: Das System kann keine Dipolstrahlung aussenden. Es gilt nämlich dann:

$$\vec{\vartheta} = \sum q_i \vec{w}_i = \sum q_i/m_i m_i \vec{w}_i = \text{const} \cdot \sum m_i \vec{w}_i = \text{const} \cdot \vec{w}_s \cdot M.$$

Dabei ist const das für alle Teilchen gleiche Verhältnis von Ladung zu Masse, $\vec{w}_s$ der Schwerpunkt des Systems,

$$\vec{w}_s = 1/M \sum m_i \vec{w}_i,$$

und M seine Gesamtmasse. Es folgt:

$$\ddot{\vec{\theta}} = \text{const} \cdot \vec{M} \cdot \vec{\omega}_S = 0,$$

da sich der Schwerpunkt gleichförmig bewegt.

Das ist nun wichtig für eine eventuelle Ausstrahlung von Gravitationswellen. Bei diesen sind als Quellen („Ladungen“) die Massen anzusehen, von denen die Felder ausgehen. Das sind in diesem Falle die schweren Massen, während in obiger Formel für den Schwerpunkt die trägen Massen stehen. Es würde dann in der Formel für das Massendipolmoment der Schwerpunktvektor, die Gesamtmasse und das Verhältnis von schwerer und träger Masse stehen, das aber für alle Massen gleich groß, nämlich gleich 1, ist. Demnach kann keine Dipolstrahlung entstehen. Abgesehen davon, daß gravitative Wechselwirkungen sehr viel schwächer als elektromagnetische sind, kann zudem im Fall der Gravitationsstrahlung noch nicht einmal der stärkste Anteil, die Dipolstrahlung, ausgesandt werden. Bei Gravitationswellen gibt es nur eine Quadrupolstrahlung, d. h. Gravitationswellen sind äußerst schwach bezüglich der transportierten Energie. Der die Sonne umkreisende Jupiter strahlt dabei z. B. nur etwa 1 kW ab! Nach F. W. Hehl und P. von der Heyde läßt sich sagen: Ein möglicher Heinrich Hertz der Gravitationswellen hat es mit Sicherheit schwer.

Definiert man das Massen-Quadrupolmoment analog zum elektrischen Quadrupolmoment zu

$$Q_{\alpha\beta}^{(m)} = \sum_i m_{(i)} (3x_{(i)\alpha} x_{(i)\beta} - x_{(i)\gamma} x_{(i)\gamma} \delta_{\alpha\beta}),$$

dann ergibt sich für die von dem betrachteten Massensystem pro Zeiteinheit ausgestrahlte Energie analog zum elektrischen Fall:

$$I^{(m)} = \frac{G}{45c^5} (\ddot{Q}_{\alpha\beta}^{(m)})^2$$

wobei G die Gravitationskonstante ist. Wieder ist die abgestrahlte Energiemenge um so größer, je größer die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen und je größer die bewegten Massen sind; bei gleichförmigen Bewegungen (etwa bei einer isolierten Masse) wird nichts abgestrahlt.

2.2. Betrachtung der Beobachtungsmöglichkeiten

Wo findet man nun solche Massen, solche potentiellen Quellen von merklicher Gravitationsstrahlung? Zwei Möglichkeiten sind uns schon begegnet. Es waren das Entstehen eines Schwarzen Loches (Kollaps in eine Schwarzschild-Singularität) und der Zusammenstoß zweier Schwarzer Löcher. Beide Schwarzen Löcher nähern sich dann auf Spiralbahnen und vereinigen sich nach sehr kurzen Zeiten von größenordnungsmäßig 1s! Während dieser Zeit durchläuft die Wellenlänge der Gravitationswellen auf Grund der ständig zunehmenden Beschleunigung alle Werte von den größten bis zu größenordnungsmäßig 100 km. Gravitationswellen haben also durchweg sehr große Wellenlängen.

Weitere potentielle Objekte sind Supernovae, bei denen explosionsartig große Massen ausgeschleudert werden, pulsierende und schief rotierende Neutronensterne, enge Doppelsterne (das Umkreisen des gemeinsamen Schwerpunktes ist eine beschleunigte Bewegung) sowie dichte Sternsysteme, in denen es häufig zu nahen Vorübergängen der Mitglieder kommt. Auch bei den zuletzt genannten Möglichkeiten werden nur merkliche Energiebeträge abgestrahlt, wenn Neutronensterne oder Schwarze Löcher „mitmischen“.

Es erhebt sich nun die Frage, wie die Gravitationswellen auf Probekörper (Körper mit schwerer Masse) wirken. Dazu betrachten wir eine ebene (weit von der Quelle entfernte), linear polarisierte Welle in einer Ebene senkrecht zu ihrer Ausbreitungsrichtung. In dieser Ebene haben die Feldlinien den in Abb. 2a gezeigten Verlauf und behalten diesen auch bei, nur die Kraft wechselt periodisch Stärke und Richtung. Die durch ein solches Feld ausgeübten Druck- und Zugspannungen sind in Abb. 2b für einen Ring (z. B. aus Aluminium) dargestellt. Der Ring erleidet periodisch Verformungen zu einer Ellipse, wobei die große Achse abwechselnd senkrecht und waagrecht ist. Allerdings sind die Verformungen äußerst klein, jeder geplante experimentelle Nachweis von Gravitationsstrahlung muß daher mit äußerster Sorgfalt und allen Raffinessen vorbereitet werden.

2.3. Die Experimente

Der Physiker Joseph Weber aus den USA war der erste, der versucht hat, Gravitationsstrahlung nachzuweisen. Dazu klügelte er eine geeignete Versuchsanordnung aus. Er benutzte einen 1,5 t schweren, 1,53 m langen Zylinder aus Aluminium mit 0,66 m Durchmesser als Detektor. Die Maße sind so gewählt, daß der Zylinder auf Gravitationswellen mit einer Wellenlänge von 180 km ($\approx 1,66$ kHz) anspricht. Diese Wellenlänge erhält man größenordnungsmäßig aus astrophysikalischen Überlegun-

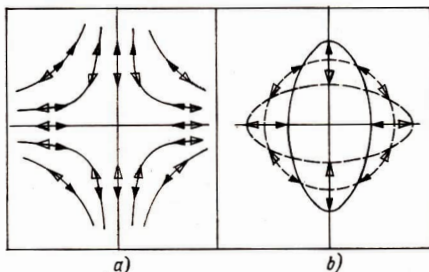


Abb. 2a:

Verlauf der Feldlinien bei einer ebenen, linear polarisierten Gravitationswelle in einer Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.

Abb. 2b:

Verformung eines Ringes (gestrichelt), dessen Ebene parallel zur Schnittebene von a) verläuft, d. h. senkrecht auf der Ausbreitungsrichtung der Gravitationswelle steht, durch die Welle (nach Hehl und van der Heyde).

gen (siehe oben). Eine Gravitationswelle mit dieser Wellenlänge würde den Zylinder, der am empfindlichsten ist, wenn sich seine Längsachse senkrecht zur Ausbreitungsrichtung befindet, in longitudinale Resonanzschwingungen versetzen, ähnlich wie es ein Hammerschlag auf eine der Grundflächen bewirken würde. Die entstehenden Druck- und Zugspannungen sind in der Zylindermitte am stärksten; dort werden um den gesamten Umfang Quarzkristalle angebracht, die die mechanischen in elektrische Schwingungen umsetzen (piezoelektrischer Effekt).

Der Zylinder wird an einem dünnen Draht aufgehängt und die Aufhängevorrichtung an einem schwingungsgedämpft gelagerten Joch befestigt (Abb. 3). Die gesamte Anordnung wird zum Messen in eine magnetisch abgeschirmte Vakuumkammer gebracht, um die Empfindlichkeit möglichst groß zu machen und Störungen weitgehend auszuschalten. Der Zylinder ist niemals völlig ruhig, sondern schwingt auf Grund der Brownschen Molekularbewegung ständig auch in seiner Grundfrequenz von 1,66 kHz. Die Schwingungsamplitude beträgt zwar nur 10^{-14} cm (!), aber die zu erwartenden Schwingungen als Folge von Gravitationswellen sind sicher kaum größer, heben sich also nicht ohne weiteres aus dem Rauschen ab.

Um durch das Rauschen verursachte Impulse von tatsächlichen Gravitationswellen-Impulsen unterscheiden zu können, benutzte Weber zwei von den beschriebenen Zylindern, einen an der University of Maryland, den anderen im 1000 km entfernten Argonne National Laboratory bei Chicago. Als „Gravitationswellen-Ereignis“ wertete er dann nur solche, die von beiden Zylindern innerhalb von 0,4 s gleichzeitig registriert wurden (Koinzidenzen). Weder durch das Rauschen werden öfter „zufällige Koinzidenzen“ auftreten (die Anzahl kann man statistisch abschätzen), noch von Erdbebenwellen ist zu erwarten, daß sie innerhalb von 0,4 s bei 1000 km Entfernung Koinzidenzen verursachen.

Webers Meßergebnisse sind verblüffend: Über längere Meßzeiten (einige Monate) gemittelt, erhielt er durchschnittlich aller zwei Tage ein Koinzidenz-Ereignis. Das liegt weit über der statistisch zu erwartenden Zufallsrate. Die weitaus meisten Ereignisse wurden registriert, wenn die Zylinder im Verlaufe der Erddrehung solche Stellungen erreichten, daß sie besonders auf Strahlung aus der Richtung des Zentrums unserer Galaxis ansprechen mußten. Befindet sich etwa im Zentrum unserer Galaxis eine starke Quelle für Gravitationswellen? Bei der Empfindlichkeit von Webers Zylindern

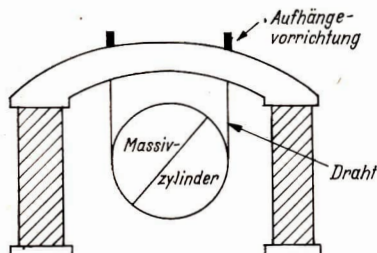


Abb. 3:

Schematischer Aufbau eines Gravitationswellen-Detektors im Schnitt.

würde jedes registrierte Koinzidenz-Ereignis die Zerstrahlung von mehreren Sonnenmassen voraussetzen. Solche Katastrophen sind aber viel zu selten, wenn nicht zufällig jetzt eine extreme Häufung vorliegt. Ansonsten wäre bei konstanter Katastrophenrate die Milchstraße innerhalb von etwa 100 Mio Jahren zerstrahlt, würde also schon längst nicht mehr existieren.

Aus diesem Grunde sind in letzter Zeit immer stärkere Zweifel an den Meßergebnissen von J. Weber laut geworden. Theoretisch erwartet man den Nachweis von Gravitationswellen erst (ein Ereignis pro Jahr), wenn Detektoren existieren, die 10^8 (!) mal so empfindlich sind wie der Webersche, und die Theoretiker würden erst „stutzig werden“, wenn mit Apparaturen keine Gravitationswellen nachgewiesen werden würden, die 10^{12} (!) mal so empfindlich sind wie die Weberschen.

Aber auch von Seiten der Experimentatoren werden Zweifel geäußert. Das Experiment ist inzwischen an vielen Orten wiederholt worden, so z. B. in der Sowjetunion, in Japan, Großbritannien (Glasgow), Frankreich (Paris) und der BRD (München, gekoppelt mit Frascati bei Rom). Aber keine der experimentellen Gruppen konnte Webers Resultate bestätigen; die Messungen gingen „negativ“ aus, obwohl die Empfindlichkeiten nicht schlechter waren als bei Weber und teilweise sogar Verbesserungen vorgenommen wurden (z. B. in München bezüglich des Auswertverfahrens). Es wird vermutet, daß Weber trotz aller Sorgfalt, trotz aller möglichen Vorkehrungen, Störeinflüsse auszuschalten, doch etwas anderes als Gravitationswellen registriert hat.

Dann bliebe die Frage, was das gewesen sein könnte. Zuerst ist dieser Frage eine sowjetische Forschergruppe nachgegangen; ihre Ergebnisse wurden dann von einer Gruppe der Bell-Laboratories bestätigt und erweitert. Die Wissenschaftler untersuchten Korrelationen zwischen von Weber registrierten Koinzidenz-Ereignissen und vielen anderen Phänomenen, so der geomagnetischen Aktivität, der Sonnenfleckenzahl, der gemittelten Erdbebenamplitude für die Mitte zwischen Maryland und Chicago, den Gezeiten Spannungen in der Erde und Veränderungen des Luftdruckes und der Temperatur. Starke Korrelationen wurden zwischen der Rate der Koinzidenz-Ereignisse und der geomagnetischen Aktivität sowie der Sonnen- und Erdbebenaktivität gefunden, wobei gegenüber den Sonnenflecken eine zeitliche Verzögerung von 8 Tagen auftritt. Damit ist noch nicht gesagt, daß alle Weberschen Ereignisse auf solcherlei Störungen zurückgehen, aber sicher ein gewisser Teil. Daher sind die Weberschen Ergebnisse sehr vorsichtig zu beurteilen. Es ist sehr fraglich, ob er wirklich Gravitationswellen nachgewiesen hat.

3. Schlußbemerkungen

Aber auch wenn Weber keine Gravitationsstrahlung, sondern irgend etwas anderes nachgewiesen haben sollte, war sein Wirken nicht umsonst. Durch seine Arbeiten und seine verblüffenden Ergebnisse wurde die Aktivität auf diesem Forschungsgebiet derart stimuliert (man denke nur an die zahlreichen inzwischen existierenden Gravitationswellen-Detektoren), daß noch innerhalb der nächsten 10 Jahre mit einem sicheren Nachweis von Gravitationsstrahlung zu rechnen ist. Bis dahin will man die Empfindlichkeit der Detektoren auf das 10^8 -fache gesteigert haben. Dann ließe sich durch Messung der Polarisationszustände und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitationswellen ein Entscheid zwischen verschiedenen heute existierenden metrischen Theorien der Relativität herbeiführen. Resümee: Weder Gravitationsstrahlung noch Schwarze Löcher konnte man bisher sicher nachweisen. Aber bezüglich beider Phänomene sind sowohl theoretische als auch experimentelle Aktivitäten entfaltet worden. Bei beiden scheint daher hinsichtlich ihres Nachweises „etwas in der Luft zu liegen“.

Der Meteoritenfall am 4. 10. 1973 im Bezirk Erfurt*

Prof. Dr. GÜNTER HOPPE

Am 4. 10. 1973 erschien über Thüringen von Westen kommend gegen 21.05 Uhr eine stark leuchtende Feuerkugel, die teilweise heftige Überschallgeräusche verursachte. Bei diesem Ereignis handelte es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um einen Meteoritenfall.

Jeder neue Meteorit hat für die weitere Erforschung des stofflichen Aufbaus kosmischer Festkörper große Bedeutung und es ist sehr wichtig, neugefallene Meteorite für die Forschung sicherzustellen.

* siehe auch „Astronomie und Raumfahrt“, Heft 3/74, S. 83

Die Mitarbeiter des Museums für Naturkunde an der Humboldt-Universität Berlin, Bereich Mineralogisches Museum, 104 Berlin, Invalidenstraße 43, bemühten sich deshalb um die Aufklärung des Ereignisses.

Da ein positives Ergebnis nur über eine breite Beteiligung der Bevölkerung zu erreichen ist, wurde durch mehrfache Artikel in der Presse zur Mitarbeit aufgerufen, zumal ein System der photographischen Registrierung von Meteoritenfällen bisher in der DDR nicht existiert. Die Aufrufe hatten ein lebhaftes Echo. Das Museum für Naturkunde erhielt direkt oder über andere Institutionen insgesamt 278 Berichte von Augenzeugen, darunter 8 Berichte von astronomisch geschulten Beobachtern. 34 Berichte mußten ausgeschieden werden, da sie andere Ereignisse betrafen. Über die Hälfte der Augenzeugen wurde mündlich oder schriftlich nochmals befragt. Hierbei und bei der Auswertung der astronomisch eingeleiteten Berichte erhielt das Museum für Naturkunde von der Redaktion der Zeitung „Junge Welt“ (Satellitenbeobachtungsstation) Unterstützung.

Die Auswertung der Berichte ergab folgendes. Am 4. 10. 1973, etwa 21.05 Uhr, wurde bei wolkenlosem, z. T. etwas diesigem Wetter eine Feuerkugel beobachtet, die von WSW nach ONO bis über das Gebiet wenige Kilometer nordöstlich von Erfurt flog und dort erlosch. Die Erscheinung hatte eine Dauer von etwa 3 Sekunden, woraus sich eine Geschwindigkeit von 25 bis 30 km/sec ergibt. Die Neigung der Flugbahn betrug 10 bis 20° zur Horizontalen, die Höhe beim Erlöschen etwa 40 km. Alle Angaben sind Mittelwerte, die aus den zum Teil stark differierenden Einzelaussagen erhalten wurden. Für die Höhe beträgt der Spielraum 15 bis 65 km.

Das Sichtbarkeitsgebiet erstreckte sich bis Magdeburg, Potsdam, Dresden, Vogtland, Sonneberg, Kassel und Hannover, zum Teil noch darüber hinaus. Es hatte einen maximalen Durchmesser von 350 km. Die Dichte der Augenzeugen war in der westlichen Hälfte des Sichtbarkeitsgebietes, wie die Abb. 1 zeigt, besonders groß. Angaben über wahrgenommene Überschallgeräusche wurden vorwiegend aus dem überflogenen Gebiet und aus dem Thüringer Wald mitgeteilt.

Die Helligkeit der Feuerkugel schwankte zeitlich bedeutend. Nahe stehende Beobachter schätzten sie auf ein Mehrfaches der Vollmondhelligkeit. Die Gashülle der Feuerkugel, die von der Seite gesehen als Schweif erschien, leuchtete in verschiedenen Farben. Mehrfach wurde auch ein Vergleich mit den beim Schweißen auftretenden Farben gezogen.

Noch vor Erreichen des Gebietes über Erfurt begann nach den Berichten vieler Augenzeugen das Zerlegen der Feuerkugel. Andere Augenzeugen erwähnen dies nicht oder bestreiten es. Offenbar spielte die Lage des Standortes zur Flugbahn für das Wahrnehmen des Zerlegens durch die Beobachter eine Rolle.

Das Niedergangsgebiet der Reste des Meteoriten muß wegen der flachen Bahn sehr ausgedehnt sein. Es hat möglicherweise eine ähnliche Größe wie bei dem am 8. 2. 1969 bei Allende in Mexico gefallenen Steinmeteoriten, dessen Streuungsellipse eine Länge von 50 km und eine Breite von 11 km hatte. Das Zentrum des Niedergangsgebietes ist wenige km nordöstlich von Erfurt anzunehmen. Die zur Fallzeit in der Höhe herrschenden Winde aus SO und SW mit Geschwindigkeiten zwischen 10 und 70 km/h können die Reste des Meteoriten noch ein wenig nach Norden abgetrieben haben, da beim Erlöschen der weitaus größte Teil der kosmischen Geschwindigkeit vernichtet war.

Die Sicherheit der Auswertungsergebnisse ist durch zahlreiche widersprüchliche Angaben der Augenzeugen beeinträchtigt. Hierüber erhält man aus den in der Abb. 1 eingetragenen Angaben, in welchen Richtungen die einzelnen Beobachter die Feuerkugel erlöschen sahen, eine anschauliche Vorstellung. Die in der Meteoritenliteratur mitgeteilten Erfahrungen, daß die Beobachter sehr getäuscht werden können, wurden bestätigt.

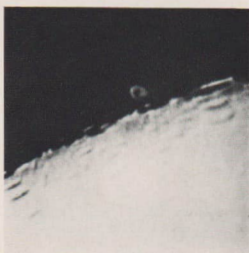
Irrtümer in Richtungsangaben sind leicht erklärlich und können u. a. auf den Überraschungseffekt durch die nur sehr kurz dauernde und sich — je nach Standort — höchst schnell bewegende, sehr helle Erscheinung sowie auf die eventuelle Schwierigkeit, sich in der Nacht zu orientieren, zurückgeführt werden.

Die auffälligste Täuschung ist jedoch die, daß viele Beobachter, vor allem im überflogenen Gebiet, fest davon überzeugt waren, den Meteorit in größter Nähe niedergehen gesehen zu haben. Teilweise gaben sie sogar Stellen vor Häusern oder Bergen an, wo die Feuerkugel gendelt sein soll. Hierfür muß man einen physiologischen Effekt des Nachempfindens und des Weiterverfolgens der an sich schon erloschenen hellen und schnell bewegten Erscheinung zur Erklärung heranziehen, wie es z. B. von A. Wegener (1917) bei der Aufklärung des Meteoritenfalles von Treysa getan wurde.

Möglicherweise geht auf einen solchen Effekt auch die Meldung eines Nachrichtenorgans der BRD zurück, wonach der Meteorit im grenznahen Gebiet des Kreises Bad Salzungen niedergegangen sein soll. Die darüber hinausgehende Angabe über den Fund eines 100 kg schweren Meteoriten gehört jedoch eindeutig in das Gebiet der Phantasie.

Die sichersten Beobachtungen sind solche, bei denen sowohl der Standort des Beobachters genau feststand, als auch die scheinbare Flugbahn der Feuerkugel durch bestimmte Anhaltspunkte genau re-

Abb. 1-4:
1973 Dez. 11.
Saturnbedeckung
Austritt
Cassegrain 210/3000
fokal
15/10 Film, 0,5 sec
Aufnahmen
Blasberg



Zum Beitrag S. 148: „Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974“

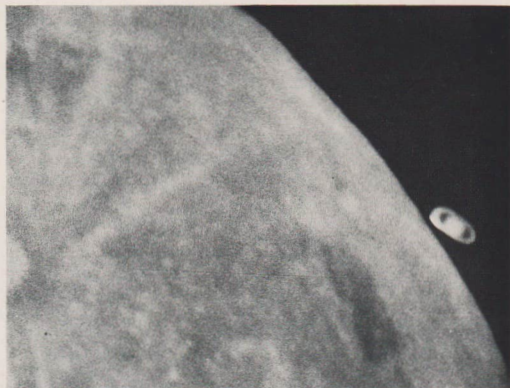


Abb. 5:
Saturnbedeckung
1973 Dez. 11.
1.22 MEZ, Bel.-Zeit 4 sec.

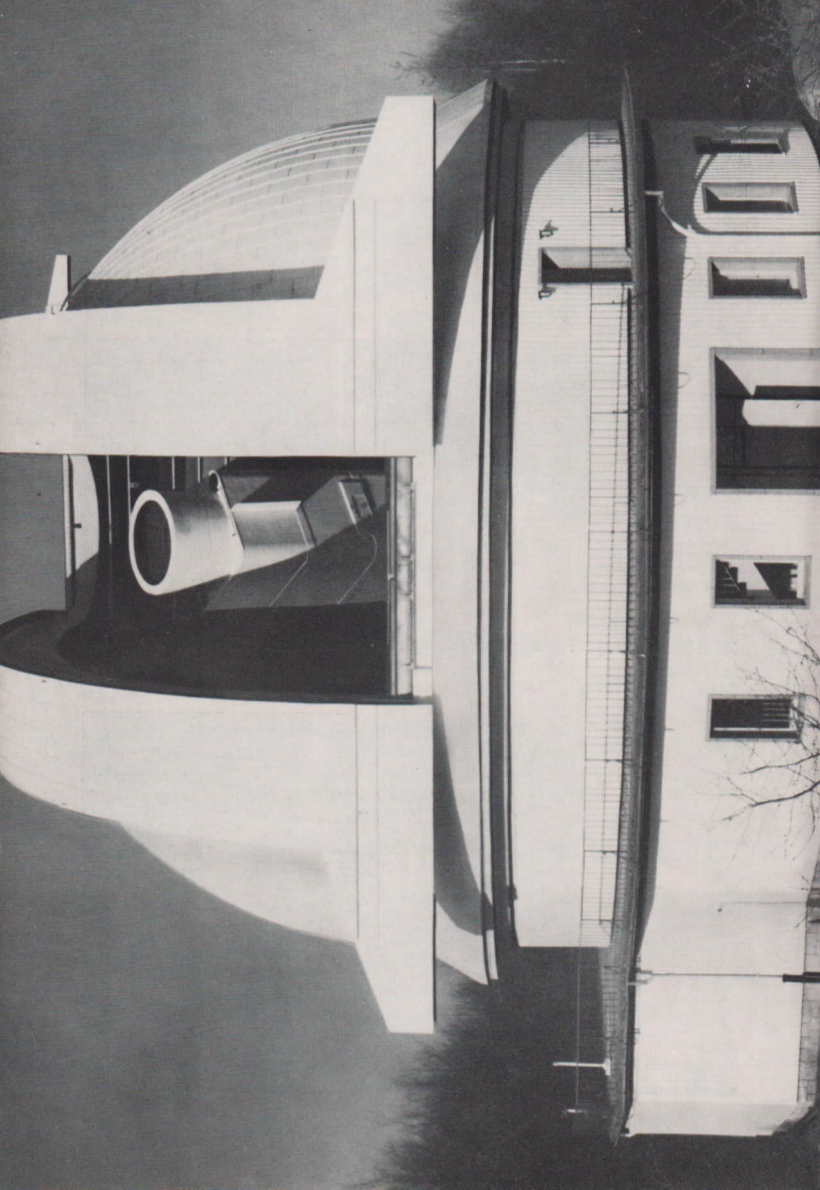




Abb. 1, links: Karl-Schwarzschild-Observatorium der Akademie der Wissenschaften der DDR. Foto: Högner

Abb. 2, oben: Spiegelteleskop der Universitätssternwarte Jena. Der Rohrkörper wird in die Kuppel gehoben. Foto: Sander

Zum Beitrag S. 129 „Die astronomische Forschung in der DDR“

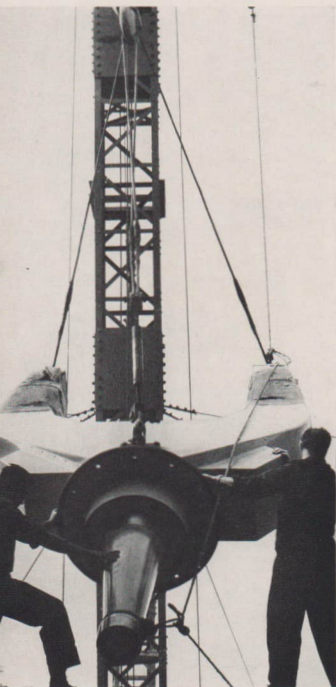


Abb. 3, oben links:
Spiegelteleskop der Universitätssternwarte Jena. Die Gabel mit der Stundenachse wird in die Kuppel gehoben. Foto: Sander

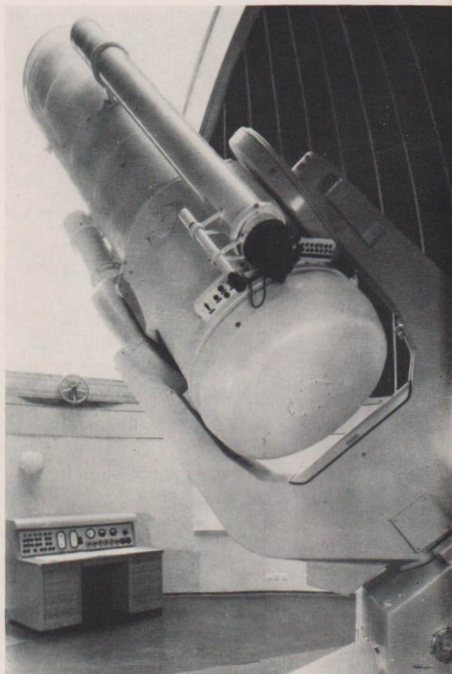


Abb. 4, oben rechts:
Spiegelteleskop der Universitätssternwarte Jena, Gesamtansicht.

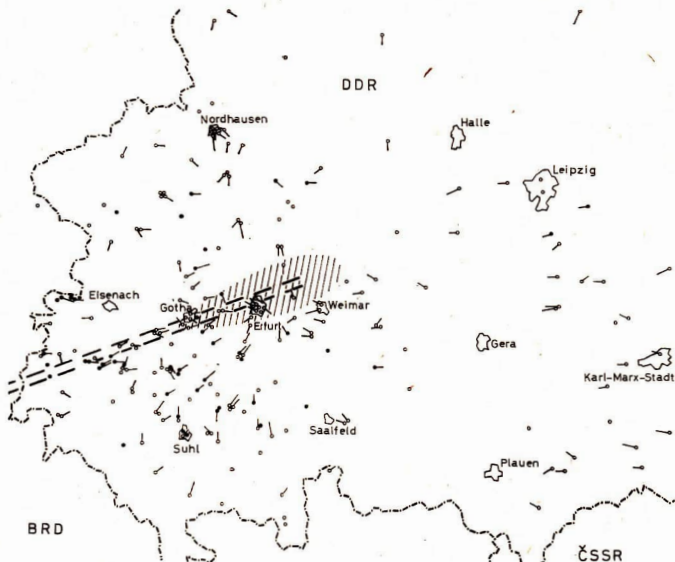


Abb. 1: Meteoritenfall vom 4. 10. 1973. Karte (nach ND vom 15. 6. 1974) der Standorte der meisten Augenzeugen mit Angaben der Richtung zum Endpunkt der Feuerkugel (ausgefüllte Kreise bedeuten mit Schallwahrnehmung), sowie mit der Spur der wahrscheinlichen Flugbahn (unterbrochene Doppelinie) und dem vermuteten Niedergangsgebiet (schraffiert). [P 316/74]

konstruierbar war. Dabei sind zur Definition der scheinbaren Bahn offenbar irdische Orientierungspunkte, die sich als Silhouette vor dem von der Feuerkugel erhellten Himmel abhoben, besser geeignet als die von der Feuerkugel überstrahlten Sterne. Auf diese Weise lassen sich die sonst rätselhaften starken Abweichungen einiger astronomisch eingekleideter Beobachtungen erklären. Im übrigen muß bei der Einschätzung der Sicherheit noch berücksichtigt werden, daß zahlreiche Berichte erst längere Zeit nach dem Ereignis aus dem Gedächtnis heraus niedergeschrieben wurden.

Es war möglich, die Sicherheit der Flugbahnbestimmung dadurch zu erhöhen, daß von vielen Augenzeugen nachträglich noch Angaben über die Schräglage der scheinbaren Bahn erfragt wurden. Diese Angaben haben einen wesentlich größeren Sicherheitsgrad als die Richtungsangaben zum Anfangs- oder Endpunkt der Flugbahn, da sie offenbar nicht durch den genannten physiologischen Effekt beeinflusst sind. Dies trifft vor allem auf jene Beobachter zu, die jenseits des Endpunktes der Flugbahn standen. Im überflogenen Gebiet sind auch hierfür die Bedingungen infolge der über Zenitnähe gehenden Bahn und die stärkere emotionale Wirkung der Erscheinung ungünstig.

Für die Ermittlung der Flugbahn war schließlich noch die Analyse einiger Beobachtungen aus dem Raum Leipzig-Merseburg nützlich. Die dortigen Augenzeugen geben die Bewegungslosigkeit der Feuerkugel und eine quadratische Form der „Flammenhülle“ um die Feuerkugel und ihre abgesprengten Teile an. Dies findet dadurch seine Erklärung, daß die Beobachter offenbar recht genau in der Verlängerung der Flugbahn gestanden haben. Am Rande sei vermerkt, daß sich unter diesen Augenzeugen eine Schulklasse befand, die ihren ersten Beobachtungsabend im Fach Astronomie hatte.

Reste des Meteoriten wurden bisher nicht gefunden, obwohl die Wahrscheinlichkeit, daß unaufgeschmolzene Stücke die Erdoberfläche erreicht haben, sehr groß ist und die Bevölkerung sich lebhaft an der Suche beteiligte. Die eingesandten fast 60 Fundstücke erwiesen sich sämtlich als irdische Pro-

dukte. Sie sind teils natürlich (Eisenerz, Markasitknollen, verschiedene Gesteine), teils künstlich entstanden (Verhüttungsprodukte, Schlacken u. a.).

Die beobachtete Zerlegung der Feuerkugel deutet darauf hin, daß der innere Zusammenhalt der Substanz nicht groß ist. Vermutlich handelt es sich deshalb nicht um einen Eisenmeteoriten, sondern um einen Steinmeteoriten mit geringerer Druckfestigkeit. Die Aussichten für das Auffinden sind dadurch weniger günstig. Wenn Steinmeteorite nicht unmittelbar beim Fall gefunden werden, sind sie wegen ihres mit irdischen Gesteinen vergleichbaren spezifischen Gewichtes viel schwieriger zu erkennen als die schweren Eisenmeteorite. Ihr Hauptmerkmal ist die meist dunkle, pechartig erscheinende und sehr dünne Schmelzkruste, die durch Verschmutzung leicht unkenntlich wird.

Man muß ferner damit rechnen, daß die Stücke beim Auftreffen etwas in den Erdboden eingedrungen sind. Sie werden dann möglicherweise erst aufgefunden, wenn sie durch Pflügen an die Oberfläche gebracht und vom Regen sauber gewaschen worden sind.

Dieser Meteoritenfall zeigt, daß es trotz lebhafter Beteiligung der Bevölkerung in einem für die Aufklärung eines Falles an sich günstigem Gebiet (hohe Bevölkerungsdichte, vorwiegend landwirtschaftliche Nutzung) zu Verlusten von Meteoriten kommen kann. Ungünstige Faktoren waren der Fall bei Dunkelheit und die sehr flache Bahnlage. Außerdem erhielt die Institution, die die Ermittlung übernahm, erst eine Woche nach dem Meteoritenfall davon Nachricht, da eine Meldung in einer Lokalzeitung über das Ereignis nicht von den zentralen Nachrichtenorganen weiterverbreitet wurde. Wertvolle Zeit, die zur sofortigen Einholung von Augenzeugenberichten hätte genutzt werden können, ging dadurch verloren.

Eine entscheidende Verbesserung für zukünftige Ereignisse kann wegen der nicht zu behebenden Unsicherheit der subjektiven Beobachtung nur erreicht werden, wenn ein Beobachtungsnetz zur photographischen Erfassung der nächtlichen Meteoritenfälle aufgebaut wird, wie es in der ČSSR existiert und mit Erfolg arbeitet.

Im Gegensatz zu mehreren Nachbarländern der DDR ist es bei uns bisher nicht gelungen, einen Meteoriten anschließend an seinen Fall zu finden und der Forschung zuzuführen. In den 180 Jahren seit Gründung der Meteoritenkunde durch E. F. F. Chladni sind vom Territorium der DDR nur insgesamt 11 Meteorite bekannt geworden. Es muß deshalb das Bestreben sein, Verluste bei der Suche nach dem höchst kostbaren Material, das uns „kostenlos frei Haus“ geliefert wird, so gering wie möglich zu halten.

Amateurbeobachtungen der veränderlichen Sterne

ZDENĚK POKORNÝ

Die Beobachtungen der veränderlichen Sterne gehören zu den wenigen Gebieten der Amateurtätigkeit, wo auch in der jetzigen Zeit mit Hilfe der verhältnismäßig bescheidenen Mittel wertvolle Ergebnisse zu erreichen sind. Die Zahl der bekannten veränderlichen Sterne ist ziemlich hoch: Obsej katalog přeměnných zvezd (Gesamtkatalog der veränderlichen Sterne), erschienen zum letzten Male im Jahre 1967, führt mit dem ersten Zusatz vom Jahre 1971 insgesamt 22 650 veränderliche Sterne an. Dazu sind noch einige Tausende von Sternen zu rechnen, die der Veränderlichkeit verdächtig sind und man muß die Tatsache in Betracht ziehen, daß jedes Jahr Entdeckungen neuer veränderlicher Sterne gemeldet werden. Es ist klar, daß das Studium all dieser Sterne die Kräfte der professionellen wissenschaftlichen Anstalten übersteigt. Ohne die Beobachtungen der Amateur-Astronomen wäre es nicht möglich, nötige Angaben von allen bekannten veränderlichen Sternen zu konzentrieren. Es handelt sich vor allem um die Feststellung der Periode der Helligkeitsänderung und um die Bestimmung der eventuellen Veränderlichkeit der Periode. Diese Beobachtungen können als Grundlagen für

komplexes Studium eines bestimmten veränderlichen Sternes benutzt werden, das dann in den wissenschaftlichen Anstalten durchgeführt wird.

Die Nikolaus Kopernikus-Sternwarte und Planetarium in Brno hat ihr Beobachtungsprogramm ausschließlich aus den Bedeckungsveränderlichen zusammengestellt. Dieses Programm erweist sich als günstig; da hier wertvolle Ergebnisse auch mit den einfachen Amateurmitteln erreicht werden. Nicht zuletzt spricht für die Auswahl dieser veränderlichen Sterne auch die Anknüpfung an die Forschungsaufgaben der tschechoslowakischen astronomischen Anstalten.

Gegenwärtig kennen wir etwa 4300 Bedeckungsdoppelsterne aller Arten. Es hat keinen Sinn amateurmäßig diejenigen veränderlichen Sterne zu beobachten, die ausführlich photometrisch und spektroskopisch an den wissenschaftlichen Anstalten untersucht werden — deren Zahl aber heute im besten Falle einige Hunderte sind. Der Rest (also die meisten Bedeckungsdoppelsterne) wird nur sporadisch beobachtet: eine ganze Reihe von Systemen wurde von der Zeit der Entdeckung an nicht verfolgt; genaue Angaben über die Periode und über die Änderung der Helligkeitsamplitude fehlen. Weiter fehlen Angaben über den Typ des veränderlichen Sternes u. ä. Besonders diese Sterne gliedert die Brünner Sternwarte in ihr Beobachtungsprogramm ein.

Was ist also das Ziel dieser Beobachtungen? Bei den visuellen Beobachtungen ist es die Bestimmung der Helligkeitsminima einer möglichst hohen Zahl der Sterne, die lange nicht beobachtet wurden, besonders der schwächeren Sterne (im Minimum schwächer als 11...12 Größenklassen). Für jeden Stern genügt es, einige Beobachtungsreihen (3...5) mit dem erfaßten Minimum zu gewinnen. Wird ein großer Unterschied zwischen dem berechneten und dem wirklichen Augenblick des Minimums festgestellt (der Unterschied $B - R$ beträgt mehrere Hundertstel des Tages und hängt von der Länge der Periode ab), muß man dem Stern eine größere Aufmerksamkeit widmen. Aus eigenen Beobachtungen und Angaben in der Literatur kann man den Wert der Periode des Bedeckungssystems präzisieren bzw. die Änderungen der Periode feststellen. Daraus folgt, daß es sehr nützlich ist, die meisten Bedeckungsdoppelsterne systematisch zu beobachten. Selbstverständlich werden höhere Ansprüche an den Beobachter gestellt (er muß immer neue Umgebungen des veränderlichen Sterns studieren, er kennt das Benehmen des Sternes nicht, er weiß auch nicht, ob das vorhergesagte Minimum wirklich eintreffen wird). Auf der anderen Seite ist diese „Kontrolle“ von vielen Sternen, die Gruppen von Amateurbeobachtern visuell durchführen, der wertvollste Beitrag für die Fachleute.

Dieselbe Aufgabe — die Bestimmung der Minimazeiten ausgewählter veränderlicher Sterne — ist auch photographisch mit Aufnahmeserien durchzuführen. Dazu braucht man Kameras mit Objektivdurchmessern von 8—15 cm und größer. Das Verfahren ist deshalb günstig, weil die Auswertung bei Tage durchgeführt wird und man sie zu jeder Zeit wiederholen kann. Der Nachteil bleibt der geringere Gerätebereich im Vergleich zur visuellen Beobachtung, weil lange Belichtungszeiten nicht möglich sind. Hinzu kommt: Unmittelbar beim Photographieren haben wir keine besonders gute Möglichkeit zu kontrollieren, ob das Minimum des beobachteten Sternes wirklich zu der vorhergesagten Zeit eingetreten ist oder ob es verschoben ist. Bei den lange nicht beobachteten Systemen ist dies keine seltene Erscheinung. Das erkennen wir gewöhnlich erst bei der Auswertung der Ergebnisse. Bei einigen schwachen veränderlichen Sternen, die eine sehr ungenau festgestellte Periode haben, kann man photographisch auch die Periode bzw. ihre eventuelle Änderung bestimmen.

Die Brünner Sternwarte hat in ihr Beobachtungsprogramm insgesamt 311 Bedeckungssysteme eingegliedert, die in 4 Gruppen eingeteilt sind:

- I. Sterne im Minimum heller als 9^m
- II. Sterne im Minimum heller als 9^m — 11^m
- III. Sterne im Minimum schwächer als 11^m
- IV. Sterne, benannt „Patrouille“, der schwachen Algoliden mit der Helligkeit um 13^m, für die bisher keine identifizierenden Karten vorliegen.

Für alle diese Sterne werden vorher die Augenblicke der Minima berechnet. Die Sternwarte und das Planetarium in Brno haben eine „Einführung zur Beobachtung der veränderlichen Bedeckungsterne“ tschechisch herausgegeben, in der ausführlich die Art der visuellen und photographischen Beobachtungen einschließlich der Grundbearbeitung der Ergebnisse beschrieben sind. Es wurden auch nötige Umgebungskarten der veränderlichen Sterne herausgegeben. Sie werden zusammen mit den Voraussagen der Minima und mit den Protokollen jeden Monat an alle diejenigen abgesandt, die Interesse an der Beobachtung der veränderlichen Sterne haben.

Amateure beobachten und berichten

Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974

Die Saturnbedeckung durch den Mond am 11. Dezember 1973 konnte unter sehr guten Bedingungen in Dresden beobachtet werden. Während einer Periode schlechten Wetters war der Himmel gerade in dieser Nacht wolkenlos. Ich entschied mich für das Fotografieren des Ereignisses im Fokus meines selbstgeschliffenen Cassegrain-Spiegelsystems 210/3000. Um die Erfolgsaussichten zu erhöhen, wurden zwei Stunden vor der Bedeckung zweimal Versuchsaufnahmen gemacht und daraus der beste Fokus und die günstigste Belichtungszeit bestimmt.

Beim Erwarten des Ereignisses habe ich dann den Eintritt aus Unachtsamkeit „verschlafen“. Für den Austritt gelang die abgebildete Aufnahmereihe (s. Abb. S. I). Deutlich sind die Mondphase (1 Tag nach Vollmond) und die Positionsänderung von Mondrand und Saturn während des Austrittsablaufes zu erkennen. Die Aufnahmen sind zwischen 02^h00^m50^s und 02^h02^m MEZ in einem Abstand von etwa 15 Sekunden gemacht. Eine gleichzeitige genaue Zeitmessung war nicht möglich. Die Saturnbedeckung am 3. März 1974 fand in Dresden unter sehr ungünstigen Bedingungen statt. Die Höhe von Saturn und Mond über dem Horizont betrug nur 16 Grad, der Himmel war sehr stark dunstig. Das Ereignis wieder zu fotografieren, war aussichtslos. Ich versuchte deshalb, die Kontaktzeiten zu messen. Im Cassegrain 210/3000 war Saturn bei 120facher Vergrößerung noch gut zu erkennen. Mit Stoppuhren, die an das Zeitzeichen OMA (50 kHz) angeschlossen wurden, habe ich folgende Kontaktzeiten gemessen:

Saturneintritt 1. Kontakt: 00^h52^m14^s MEZ Dauer des Bedeckungsvorganges: 70 s
2. Kontakt: 00^h53^m24^s MEZ

Zur Zeit des Saturnaustritts war der Mond völlig im Wolkendunst verschwunden.

HANS-JOACHIM BLASBERG

Saturnbedeckung durch den Mond*

Beobachtungsort: Pionier- und Jugendsternwarte „J. Kepler“ Crimmitschau
Koordinaten des Beobachtungsortes: $\lambda = -12^{\circ} 23'$ $\varphi = +50^{\circ} 51'$

Eingesetzte Instrumente:	Vergrößerung N
1 Coudé-Refraktor 150/2250	225fach und fotograf. Arbeit
2 Telemotor (R) 83/840	76fach
1 Refraktor 50/540	43fach
1 binokul. Aussichtsfernrohr 80/540	40fach

Zeitnahme mit 6 Stoppuhren, Anschluß an Zeitzeichen
Beobachter: H. Albert, G. Bürger, R. Kubik, J. Prell, K. Radler, R. Weisheit.

Ergebnisse

1973 Dezember 11

wolkenlos, Dunst bis $h = 20^{\circ}$
Luft: zeitweise Schlieren

Kontakt	Rechnung h m s	Beobachtung h m s
1.		01 17 55,3
2.	01 19 18	01 19 19,7
3.		(01 57 50)?
4.	01 58 57	01 58 58,8

Dauer des Vorganges

1. bis 2. Kontakt	84,4 s	70,0 s
2. bis 3. Kontakt	38 m 40 s (?)	49 m 03,5 s
3. bis 4. Kontakt	55 s (?)	41,0 s

Die Zeitangaben für die Kontakte und die Dauer sind Mittelwerte aus den individuellen Meßergebnissen aller beteiligten Beobachter, die eine maximale Schwankungsbreite zwischen den Beobachtern von 0,4 s besitzen. Der 3. Kontakt von 1973 Dez. 11 ist sehr unsicher, da seine Angabe sich nur auf 1 Beobachter bezieht, der außerdem den exakten Zeitananschluß nicht sichern konnte.

(* s. auch „Astronomie und Raumfahrt“, Heft 3/74, S. II).

Als Ergebnis der fotografischen Arbeit liegen insgesamt 12 Aufnahmen in guter Qualität vor. Gearbeitet wurde mit einer Sonne-Mond-Kamera am Coudé-Refraktor auf ZP 1 (9 × 12-Platte) und mit einer Praktika-nova auf UT 18 Chrom-Film. (Die Farbaufnahmen werden als Dias den Oberschulen des Kreises für den Astronomieunterricht zur Verfügung gestellt.)

Fachgruppe Astronomie Crimmitschau

Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 3. März 1974

Die meteorologischen Bedingungen waren günstig. Am Beobachtungsort trat nur sehr geringe Bewölkung auf. In nachfolgender Tabelle werden die vier beobachteten Kontaktzeiten den Ephemeridenwerten gegenübergestellt.

Beobachtungsort: 4851 Nessa
Koordinaten: $\lambda = 12^\circ 01' 14''\text{E}$
Instrument: Newton-Spiegel 165/1430

Höhe: 160 m ü. NN
 $\varphi = 51^\circ 09' 03''\text{N}$
Vergrößerung: 58- und 238fach

Kontakt	Beobachtung h m s	U s	Rechnung h m s	B - R s	eingesetzte Vergrößerung	Bemerkungen
1.	00 51 41,1	$\pm 0,5$	00 51 12,6	+28,5	238	Zeiten in MEZ
2.	00 52 54,4	$\pm 0,8$	00 52 36,6	+17,8	238	
3.	01 41 41,6	$\pm 1,3$	01 41 34,8	+ 6,8	58	
4.	01 42 32,3	$\pm 0,8$	01 42 34,8	- 2,5	58	

(U = Ungenauigkeit des B-Wertes, B - R = Differenz der Zeiten)

Die Zeiten wurden alle etwa 1 bis 2 Sekunden zu spät aufgefaßt.

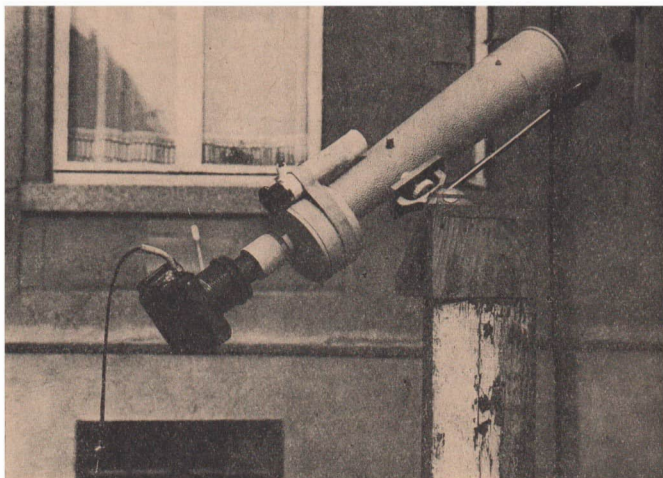
Dieser Ungenauigkeitsfaktor wurde auszugleichen versucht. So bleiben die reine Beobachtungs- bzw. Auffassungsgenauigkeit und die Uhrngenauigkeit.

Uhrngenauigkeit: $\pm 0,1\text{ s}$ - Ungenauigkeit der Ephemeriden: $\pm 3,0\text{ s}$

DIETMAR BÖHME

Erfahrungen bei Mond- und Planetenaufnahmen mit einfachen Mitteln

Ich besitze ein Zeiss-Aussichtsfernrohr 63/420. Dieses Instrument ist sehr lichtstark und läßt sich gut zur Mondfotografie verwenden. Durch die Lichtstärke ist eine Nachführung nicht notwendig. Ich baute mir einen Sucher, bei dem ich als Objektiv eine Einschlaglupe 6fach mit ungefähr 40 mm Brennweite verwendete. Die Lupe ist eine gekittete Gruppe. Man muß das Objektiv allerdings etwas abblenden. Als Okular nahm ich ein 10-mm-Okular, in das ich ein Fadenkreuz einbaute. Das ergibt dann eine vierfache Vergrößerung.



Bei Mondaufnahmen ist die Fokussierung immer ein Problem. Da ich über keine Spiegelreflexkamera verfüge, suchte ich eine einfachere Lösung. Ich kaufte mir die Rollfilmkamera „Pouva Start“. Bei dieser Kamera habe ich das Objektiv ausgebaut und den Balg festgeleimt, damit sich später die Fokussierung nicht ändert. Am Verschluss darf nichts verändert werden. Die „Pouva“ hat nur eine fest eingestellte Belichtungszeit, darum stellte ich den Verschluss gleich auf „Zeit“. Damit die Kamera an das Okular angesetzt werden kann, fertigte ich mir eine Hülse aus Plaste und leimte sie vorn auf die Kamera. Diese Hülse muß straff auf das Okular passen, wenn die Okularmuschel abgeschraubt ist. Die Kamera wird auf ein 16 mm Okular gesteckt und die Fokussierung wird erst einmal mit einer Mattglasscheibe vorgenommen. Am Okularauszug wird eine Marke angebracht. Nachdem der Film eingelegt ist, wird die Kamera an das Fernrohr gesteckt, die Fokussierung mittels der Marke vorgenommen und der Mond im Fadenkreuz des Suchers eingestellt. Fotografiert wird also im Projektionsverfahren und die Kamera dient praktisch nur als „Filmhalter“.

Die Belichtungszeit berechnete ich nach „Astronomie und Raumfahrt“ 3/72, S. 79. Damit habe ich gute Ergebnisse erreicht. Ich belichtete den Film und veränderte die Fokussierung. Darum mußte ich am Okularauszug eine Skala anbringen. Belichtet wird mit einem Drahtauflöser. Die Zeitdauer des Belichtens schätze ich. Nach der Filmentwicklung stellt sich heraus, welche Aufnahme der Serie dem Fokus am nächsten liegt.

Man kann allerdings nicht länger als eine halbe Sekunde belichten. Daher ist die Empfindlichkeit des Filmmaterials entsprechend zu wählen. Bei einem Projektionsabstand von 80 mm zwischen Okular und Film hat der Mond auf dem Negativ einen Durchmesser von 20 mm.

Auch bei Aufnahmen der Venus und des Jupiter erzielte ich gute Ergebnisse. Es ist erstaunlich, daß man die Venusphase und die Äquatorstreifen auf dem Jupiter nach Vergrößerung erkennen kann.

Dieses hier geschilderte Verfahren ist vor allem Schülern zu empfehlen, die sich Spiegelreflexkameras nicht leisten können, aber trotzdem mit der Mondfotografie gute Ergebnisse erzielen möchten.

Sternaufnahmen gelangen mir ebenfalls mit einfachen Mitteln. Ich brachte eine Kamera parallel zum Fernrohr an, und zwar benutzte ich dafür eine „Voigtländer Bessa 66“ sowie das Filmmaterial ORWO NP 27. Die Kamera hat ein Öffnungsverhältnis von 1:3,5 und eine Brennweite von 75 mm. Der Stern wird im Fernrohr extrafokal eingestellt, damit man das Fadenkreuz besser sieht, und man verwendet die Hellfeldbeleuchtung, deren Bau in „Astronomie und Raumfahrt“ 2/74 beschrieben wurde. Ich setzte einen Klinkkopf auf die paralaktische Montierung. Die Nachführung geschieht von Hand und ohne Feinbewegung. Das erfordert viel Ausdauer und Geduld.

Wenn man am Fernrohr steht und nachführt, merkt man erst, wie lang 10 Minuten sind. Bei 10 Minuten Belichtungszeit bekomme ich Sterne bis zur 8. Größenklasse. Man kann mit diesem einfachen Verfahren gute Ergebnisse erreichen.

JOACHIM PRELL

16 Jahre

Veränderlichenbeobachtung mit der Kleinbildkamera

KLAUS HÄUSSLER

Viele Amateure begnügen sich mit visuellen Beobachtungen, weil sie der Meinung sind, sie könnten nur mit großen Kameras den Himmel fotografieren. Für viele Zwecke reichen jedoch bereits einfachste Kameras aus.

Die Kleinbildkamera bietet gegenüber der visuellen Beobachtung viele Vorteile. Mit einer einzigen Aufnahme erfährt man ein ganzes Sternfeld, das in der gleichen Zeit unmöglich visuell durchmustert werden kann. In einigen klaren Nächten erhält man eine ganze Reihe von Aufnahmen, deren Auswertung am Tage oder bei Schlechtwetterperioden in aller Ruhe geschehen kann.

Eine visuelle Beobachtung ist unwiederholbar, weshalb ihr anhaftende Fehler unkorrigierbar sind. Auf photographischen Aufnahmen läßt sich der Stern aber viele Male unabhängig voneinander untersuchen. Schon eine einzige Aufnahme enthält eine ganze Anzahl veränderlicher Sterne gleichzeitig, auf der Sterne fixiert sein können, die zum Zeitpunkt der Aufnahme noch gar nicht als veränderlich erkannt waren. Die Photographie bietet also die Möglichkeit, Sterne rückwirkend zu untersuchen und die Ergebnisse zu objektivieren.

In diesem Beitrag möchte ich auf zwei Einsatzmöglichkeiten der Kleinbildkamera eingehen. Für meine Untersuchungen stand mir die Exakta VX 1000 mit Pancolar 1:2, f = 50 mm zur Verfügung. Als Film habe ich ORWO NP 27 wegen seiner hohen Empfindlichkeit für alle Aufnahmen benutzt. Entwickelt wurden die Filme in M-H 28, Verdünnung 1:4, 6 Minuten bei 20 °C.

1. Himmelsphotographie mit feststehender Kleinbildkamera

Da die Kamera feststeht, die Sterne aber der täglichen Bewegung folgen, bilden sie sich bei langer Belichtungszeit als Striche ab. Durch Verwendung hochempfindlichen Filmmaterials ist es möglich, mit relativ kurzen Belichtungszeiten auszukommen. Lange Belichtungszeiten sind abhängig von

- der Aufhellung des Himmels hintergrundes (Mond u. ä.);
- Lichtquellen in der Umgebung (Stadtbeleuchtung, Straßenlampen).

Diese Faktoren gelten auch für die zweite Einsatzmöglichkeit.

Will man noch punktförmige Sterne erhalten, so gelten folgende maximale Belichtungszeiten:

Deklination δ	Belichtungszeit t bei $f = 50 \text{ mm}$	Deklination δ	Belichtungszeit t bei $f = 50 \text{ mm}$
0°	8 sec	60°	16 sec
20°	9 sec	70°	24 sec
40°	11 sec	80°	48 sec
50°	13 sec	90°	∞

Die Belichtungszeit t kann für jede Objektbrennweite f nach folgender Beziehung berechnet werden:

$$x = \frac{t}{86400} \cdot f \cdot 2 \cdot \pi \cdot \cos \delta$$

x = Auflösungsvermögen des Filmes — (für NP 27 als Richtwert 0,03 mm)

Meine Aufnahmen habe ich stets einige Sekunden länger belichtet, damit konnte ich immer Staubeilchen von ovalen Sternscheibchen unterscheiden.

Für die oben angegebenen Belichtungszeiten ergeben sich folgende mittlere Grenzgrößen:

t			
8 sec	8 ^m 37	16 sec	9 ^m 39
9 sec	8 ^m 37	24 sec	9 ^m 66
11 sec	8 ^m 60	48 sec	10 ^m 75
13 sec	8 ^m 60	5 min	10 ^m 88

Angeschlossen habe ich an die visuellen Helligkeiten der Plejaden. Für länger belichtete Anschlußaufnahmen habe ich die Kleinbildkamera mitgeführt.

Diese erste Methode ist besonders für junge Amateure geeignet, die noch keine optischen und technischen Hilfsmittel zur Verfügung haben. Wer nicht selbst entwickeln kann, muß auf jeden Fall dem Photographen einen Hinweis geben, daß die Sterne nur mit der Lupe erkennbar sind.

2. Himmelsphotographie mit nachgeführter Kamera

Diese Methode ist schon etwas kostspieliger. Dazu wird auf jeden Fall ein parallaktisch aufgestelltes Fernrohr benötigt. Die automatische Nachführung muß bei der kurzen Brennweite gar nicht so genau sein. Den Beweis dafür hat der französische Astronom R. Weber erbracht. Er hat jahrelang sein Fernrohr ohne Motor nur mit der Hand nachgeführt und auf seinen Aufnahmen über 100 veränderliche Sterne entdeckt.

Die Belichtungszeit für Aufnahmen mit der Kleinbildkamera wird durch die Helligkeit des Himmels hintergrundes begrenzt, so daß ein Beobachter nicht stundenlang am Fernrohr stehen muß. Die günstigsten Belichtungszeiten mit der Kleinbildkamera liegen zwischen 2 und 8 Minuten, wobei 8 Minuten nur bei sehr dunklem Himmel möglich sind. In Stadtnähe wird man nicht länger als 5 Minuten belichten, da der NP 27 Film sonst sehr stark schleiert.

Bei meinen Aufnahmen hat sich herausgestellt, daß die günstigste Belichtungszeit bei 3 Minuten liegt. Länger zu belichten hat keinen Zweck, da sonst durch den starken Schleier die Reichweite des Filmes zurückgeht. Die maximale Reichweite erreichte ich nach einer Belichtungszeit von 1 Minute. Längere Belichtungszeiten ergeben also keinen Größenklassengewinn, sondern nur eine stärkere Schwärzung der Sternpunkte, was für photometrische Arbeiten natürlich vorteilhaft sein kann.

Bei der Beobachtung veränderlicher Sterne ist zu beachten, daß man den Aufnahmen nur die Zeiten der Minima bzw. Maxima entnehmen kann. Die Helligkeiten der Sterne sind nicht übertragbar, da mit dem NP 27 Film ohne Filter in keinem internationalen Farbsystem gearbeitet werden kann. Das Maximum der spektralen Empfindlichkeit liegt zwischen 580 nm und 650 nm. In der Veränderlichenforschung kommt es jedoch in erster Linie auf eine genaue Bestimmung der Zeiten des Maximums bzw. Minimums an, weniger auf die Helligkeit. Die Vergleichssternehelligkeiten sind mit anderen Mitteln zu bestimmen.

Mit dem Objektiv Pancolar 1 : 2, $f = 50$ mm erreichte ich eine Feldgröße von 25° mal 40° , wobei am Rand schon starke Verzeichnungen auftraten.

Die Auswertung der Aufnahmen kann mit verschiedenen Geräten erfolgen. Bei nahe am Objekt liegenden Vergleichssterne arbeitet man mit dem Schätzmikroskop, mit einer Lupe bei weiter entfernten Vergleichssterne. Bei sehr weit entfernten Vergleichssterne (wie es bei sehr hellen veränderlichen Sterne der Fall ist) eignet sich am besten die Projektionsmethode*).

Die Auswertungsmethoden werden im Kalender für Sternfreunde 1974 beschrieben.

Literatur:

Kalender für Sternfreunde 1974; Telescopium 2; ORWO NP 27 (Prospekt).

* Siehe Busch, Astronomie in der Schule 12/1975, Heft 2.

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Von Radebeul bis Magdeburg

Aus der Arbeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie zwischen dem 20. und dem 25. Jahrestag der DDR

Unser Überblick über die Tätigkeit des Zentralen Fachausschusses Astronomie in den letzten fünf Jahren soll mit einer Erinnerung an die Perspektivplanung des ZFA beginnen: Es geht darum, alle an der Astronomie Interessierten zu erfassen und sie zu einer sinnvollen amateur-wissenschaftlichen oder populärbildenden Freizeitgestaltung zu veranlassen. Unter dem Vorzeichen dieser programmatischen Aussage standen in dem hinter uns liegenden halben Jahrzehnt zahlreiche Veranstaltungen des Zentralen Fachausschusses und der Bezirksfachausschüsse Astronomie.

In Radebeul trafen sich im November 1969 Sternfreunde aus allen Teilen unserer Republik zu einem Festakt des ZFA aus Anlaß des 20. Jahrestages der DDR, um die Grundlinien ihrer weiteren Arbeit zu bestimmen. Seither hat sich der ZFA besonders der amateurmäßigen astronomischen Beobachtung angenommen; das drückt sich in den zentralen Beobachtungsseminaren aus:

- 1969 in Hartha (Himmelsfotografie),
- 1970 in Eilenburg (Beobachtung Veränderlicher Sterne),
- 1971 in Dresden (Planetenbeobachtung),
- 1972 in Apolda (Spektroskopie),
- 1973 in Apolda (Photometrie).

Im Zusammenhang mit der Einführung eines neuen Lehrplanes für den Astronomieunterricht an den allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen und in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Volksbildung veranstaltete der Zentrale Fachausschuß Astronomie im November 1970 in Berlin eine zweitägige Tagung zur Unterstützung des Astronomieunterrichts, in deren Ergebnis über 180 Amateurastronomen ihre Bereitschaft erklärten, die obligatorischen Beobachtungen der Schüler, die Arbeitsgemeinschaften „Astronomie“ an den Schulen und die Weiterbildung der Astronomielehrer zu unterstützen und dafür auch eigene Instrumente zur Verfügung zu stellen. Über 200 Fernrohre konnten dadurch in den Dienst der Schulastronomie gestellt werden und bis zum Beginn der Auslieferung der neuen Schulfernrohre „Telemontor“ (1974) erhebliche instrumentelle Lücken schließen. Auf zwei Regionalkonferenzen (Februar 1971 in Magdeburg und Juni 1971 in Karl-Marx-Stadt) wurden die Grundzüge der Zusammenarbeit zwischen den Amateurastronomen und den Astronomielehrern präzisiert.

Das Kepler-Jubiläum 1971 fand seine Würdigung in einer Tagung am 23. 10. 1971 in Halle. Sie wurde gemeinsam mit den Bezirksfachausschüssen Astronomie der Bezirke Halle und Leipzig gestaltet und fand bei den über 100 Teilnehmern guten Anklang. Auch an den Kepler-Ehrungen in Prag nahmen Delegierte des ZFA Astronomie teil.

Zu besonderen Anlässen gab der ZFA Beobachtungsanleitungen und -aufrufe heraus. Seit 1972 arbeitet eine sehr aktive Gruppe von Beobachtern Veränderlicher Sterne, die durch die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte Hartha angeleitet wird. Ein Wettbewerb zur fotografischen Beobachtung der sowjetischen Weltraumstation „Salut“ im Herbst 1971 stand in engem Zusammenhang mit der sowjetischen Kosmos-Ausstellung in Karl-Marx-Stadt und erbrachte bemerkenswert gute Resultate. Auch der Copernicus-Jugendwettbewerb des ZFA Astronomie, zu dem in Vorbereitung des Copernicus-Jahres 1973 aufgerufen wurde, führte zu beachtlichen Arbeiten. Die Prämierung der besten Einsendungen erfolgte innerhalb der Copernicus-Ehrung des ZFA im Februar 1973 in Crimmitschau, an der auch die Teilnehmer der gleichzeitig stattfindenden Fachgruppenleitertagung über Probleme der amateurmäßigen Beobachtungsarbeit teilnahmen.

Die nächste zentrale Tagung für Amateurastronomen wird am 26. und 27. 10. 1974 in Magdeburg stattfinden. Sie soll wichtige, alle Sternfreunde interessierende Themen behandeln. Im 25. Jahre des Bestehens unserer Republik wird diese Tagung einen erneuten Beweis für die Verbundenheit der Amateurastronomen der DDR miteinander und mit ihrem Staat liefern. Von Radebeul bis Magdeburg — diese Strecke symbolisiert fünf gute Jahre in der Arbeit des ZFA, fünf erfolgreiche Jahre für alle Sternfreunde in der Deutschen Demokratischen Republik.

Dr. KLAUS LINDNER
Vorsitzender des ZFA

Beispiele von der Tätigkeit der astronomischen Fachgruppen des Kulturbundes der DDR

Bereits anläßlich des 20. Jahrestages der DDR wurde in dieser Zeitschrift darauf hingewiesen, daß es sich bei der im ersten Beitrag des vorliegenden Heftes „25 Jahre astronomische Forschung in der DDR“ gezeigten Entwicklung, Aufgabenstellung und staatlichen Förderung der Astronomie nicht um eine von der Öffentlichkeit isolierte Planrealisierung im Rahmen des wissenschaftspolitischen Konzepts unserer Regierung handelt, sondern daß die Astronomie in all ihrer weltweit wachsenden Bedeutung einbezogen wird in das geistig-kulturelle Leben unserer Bürger.

Dafür zeugt der obligatorische Astronomie-Unterricht in den Oberschulen ebenso wie die sich von Jahr zu Jahr fortsetzende Gründung neuer Volks- und Schulsternwarten.

Besondere Verdienste um die astronomische kulturpolitische Bildungsarbeit hat sich der Kulturbund der DDR erworben. In den vergangenen 25 Jahren ist es seiner Unterstützung zu danken, daß sich die vormerk ohne organisatorischen Zusammenhalt tätigen Amateurastronomen in Fachgruppen zusammenschlossen und daß ein Zentraler Fachausschuß Astronomie gebildet werden konnte. Dieses aus Fachastronomen, Leitern von Volks- und Schulsternwarten und qualifizierten Amateurastronomen bestehende ehrenamtliche Gremium leitet die Tätigkeit der Fachgruppen an. Durch systematische Förderung werden deren Mitglieder auch befähigt, in gewissem Umfang wertvolle hilfswissenschaftliche Arbeit zu leisten.

Welches Niveau die Amateurarbeit der Fachgruppen in den letzten zehn Jahren erreicht hat, das spiegeln die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Amateurarbeiten wider. Das betrifft sowohl die notwendigen fachlichen Kenntnisse wie die Ergebnisse und die Auswertung der Beobachtungstätigkeit, desgleichen den Stand der technisch-handwerklichen Fähigkeiten für den Instrumentenbau, während für die Erörterung der philosophisch-weltanschaulichen Konsequenzen der neueren astronomischen Forschungsergebnisse wohl doch vom Zentralen Fachausschuß in Seminaren, auf Bezirks- und Zentralen Tagungen noch mehr Vorleistungen zu erbringen wären.

Die guten Ergebnisse der Fachgruppenarbeit beruhen vielerorts auch auf der oft vorbildlichen wechselseitigen Zusammenarbeit mit den Volks- und Schulsternwarten; für die vertraglich geregelte fördernde Bindung an einen Betrieb gibt es dagegen erst ein einziges Beispiel (Ruhla). Der Fachgruppen-Nachwuchs ist fast durchgängig durch das große Interesse Jugendlicher an Astronomie und Astronautik gesichert.



15. Arbeiterfestspiele im Bezirk Erfurt

Woche der Astronomie

vom 10. Juni - 16. Juni 1974 in Seebach

VERANSTALTER: Fachgruppen Astronomie des Wohngebietes
Karl-Liebknecht-Oberschule Seebach
Erweiterte Oberschule Ruhla
mit Unterstützung des VEB Uhren- und Maschinenkombinat Ruhla

Veranstaltungen im Saal der Kinderkombination Seebach

Montag, 10. 6. 19.30 Uhr Eröffnungsfeier

Mittwoch, 12. 6. 20 Uhr Farbdiasvortrag

»Aufbau und Entwicklung im Weltall« (Koll. Elster, Sternwarte Ruhla)

Freitag, 14. 6. 19 Uhr Jugendforum

»Warum Raumforschung?« Gastgeber: Fachgruppen Astronomie

Sonabend, 15. 6. 20 Uhr Farbdiasvortrag

»Bedeutung und Ergebnisse der sowjetischen Raumfahrt«

(Koll. Elster, Sternwarte Ruhla)

STRASSE DER ASTRONOMIE - 3 Fernrohre - vor Karl-Liebknecht-Oberschule

Täglich ab 17 Uhr - Sonabend und Sonntag ab 10 Uhr

AUSSTELLUNG - Saal der Kinderkombination Seebach

Modellbauten - Arbeitsmittel der Astronomie - technische Neuerheiten - Wetterwarte-Monitoring UMH

Täglich ab 17 - 20 Uhr - Sonabend und Sonntag 10 - 15 Uhr

Der Besuch aller Veranstaltungen ist kostenlos

Wir haben bereits in diesem Jahr in Heft 1/74 Mitteilungen über die Fachgruppen in den Bezirken Erfurt und Halle gebracht, in Heft 2/74 über Potsdam. Aus eingegangenen Berichten folgt anschließend eine bearbeitete Auswahl.

Die **Fachgruppe Crimmitschau** begann ihre Tätigkeit 1952 mit 3 Mitgliedern, jetzt hat sie 11 ständig tätige, davon sind 6 Jugendliche. Die FG kann für ihre Arbeit die Einrichtungen der Pionier- und Jugendsternwarte „Johannes Kepler“ nutzen, deren neues Hauptinstrument von den FG-Mitgliedern mit aufgestellt und justiert wurde. Die Tätigkeit der FG erstreckt sich auf die fotografische Himmelsüberwachung und systematische Planetenbeobachtung, auf eine intensive Unterstützung des Astronomie-Unterrichts und eine breite Öffentlichkeitsarbeit. Die Jugendlichen der FG bearbeiten außerdem seit 1970 ein selbstständiges Beobachtungsprogramm (Sonnenaktivität; Leuchterscheinungen auf dem Mond; Klimabeobachtungen für den Meteorologischen Dienst der DDR; Geräte- und Instrumentenbau auch für Schulen des Kreises) und wurden bereits mehrfach ausgezeichnet. Der Leiter der Fachgruppe, Bfr. Oberlehrer Heinz Albert, ist Redaktionsmitglied unserer Zeitschrift und bearbeitet die Rubrik „Amateure beobachten und berichten“.

Für eine erfolgreiche und verdienstvolle Vortrags- und Beobachtungstätigkeit erfreut sich seit langem die **Fachgruppe Dresden** eines guten Rufes. Sie arbeitet mit der Volkssternwarte Frantz zusammen und kann auch die Sternwarte von Prof. v. Ardenne nutzen. Zu ihrem Beobachtungsprogramm gehören die Überwachung der Sonnenaktivität, die Sternbedeckungen durch den Mond, die Bestimmung der Venusdichotomie, die Beobachtung des Mars sowie des Großen roten Flecks auf dem Jupiter und eine ständige Beobachtung veränderlicher Sterne. Sowohl in den öffentlichen Vortragsveranstaltungen wie in den FG-Abenden werden aktuelle astronomische Probleme behandelt, außerdem werden 2 Schülerarbeitsgemeinschaften beim Pionierpalast Dresden angeleitet. Zu tschechoslowakischen (Most), rumänischen (Bukarest) und bulgarischen (Varna) Sternfreunden bestehen freundschaftlich-fachliche Beziehungen. Leiter der Fachgruppe ist Bfr. Hans-Joachim Blasberg.

Die 19 Mitglieder (davon 9 Jugendliche) der **Fachgruppe Ellenburg** arbeiten mit der Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“ zusammen. Monatlich 2mal finden FG-Abende statt, bei denen Beobachtungen und öffentliche Vorträge vorbereitet werden, astronomische Literatur behandelt wird, organisatorische Fragen besprochen und Ergebnisse der praktischen Arbeit mitgeteilt werden. Das Beobachtungsprogramm umfaßt: Beobachtung der Planeten und ihrer Monde; Überwachung der Sonnenaktivität; Beobachtung veränderlicher Sterne; Astrofotografie; Beobachtung und Vermessung von Sternbedeckungen; außerdem gemeinsame Beobachtung und Auswertung aktueller astronomischer und astronautischer Ereignisse. Die FG-Mitglieder geben auch für den Astronomie-Unterricht Beobachtungsanleitungen, betreuen eine Schülerarbeitsgemeinschaft und führen die Besucher an öffentlichen Beobachtungsabenden der Sternwarte sowie bei Vorträgen im Planetarium. Von den FG-Mitgliedern wurde auf dem Gelände der Sternwarte eine eigene Amateurstation geschaffen, zu der die Sternwarte einen Zeiss-Refraktor 80/1200 mit Zubehör und die 3-m-Kuppel lieferte. Die Station verfügt auch über eine Astro-Kamera u. a., so daß sie in den ersten 14 Monaten ihres Bestehens von 380 Beobachtern in 165 Beobachtungsstunden genutzt wurde. Leiter der Fachgruppe ist der stellv. Vorsitzende des Zentralen Fachausschusses, Bfr. Oberlehrer Edgar Otto jun.

AG-Mitglieder in Rostock bei Beobachtungen.



Die kleine **Fachgruppe Hartenstein** verfügt über eine gute instrumentelle Ausrüstung (1 Refraktor 130/1960, eine Astrokamera 120/360, 1 Kometsucher 80/500, mehrere Fernrohre 63/840 sowie verschiedene kleinere Geräte) im Gesamtwert von rd. 50000 Mark. Auf ihrem Programm steht neben der Öffentlichkeitsarbeit mit der Popularisierung der Astronomie die fachliche und weltanschauliche Weiterbildung ihrer Mitglieder. Sie arbeitet neuerdings eng mit dem Jugendklub „Willi Mehlhorn“ zusammen, der die Einrichtung eines Zirkels für Jugendliche unterstützte. Die Geräte und der Geräteraum der FG wurden überholt bzw. vorgerichtet und jeden Monat findet jetzt eine „Woche der öffentlichen Beobachtung“ statt. Zahlreiche Beobachtungsprotokolle und eine gute astrofotografische Ausbeute belegen die nun kontinuierliche Tätigkeit, die auch die Veranstaltung öffentlicher astronomischer Foren einschließt. Der Rat der Stadt stellte einen als Fotolabor zu nutzenden Raum zur Verfügung, die Schule übergab für die FG-Arbeit eine Foto-Ausrüstung. Fachgruppenleiter ist Bfr. Bernd Paul.

Auch die kleine, seit 1959 bestehende **Fachgruppe Marienberg** widmet sich besonders der Arbeit mit der Jugend. Die FG-Mitglieder erarbeiten Geräte und Anschauungsmittel für den Astronomie-Unterricht, leiten die obligatorische Beobachtung und Auswertung an und richten eine Vortragsreihe für erwachsene Interessenten ein. Die FG unterstützt auch den Bau einer Sternwarte im Naherholungsgebiet Moosheide, deren Baustufe I (Schulsternwarte) zum Republik-Jubiläum übergeben wird. Fachgruppenleiter ist Bfr. K. Popp.

In **Rostock** besteht die FG Astronomie erst seit November 1971 und ihre 35 Mitglieder arbeiten gut mit der Astronomischen Station zusammen, die bereits 1968 eine Jugend-

gruppe gründete, in der astronomisch interessierte Schüler aus dem gesamten Stadtgebiet zusammengefaßt wurden. Aus dieser Jugendgruppe konnten nach Schulabschluß in Rostock verbleibende Jugendliche in die FG übernommen werden. Die bisherige Tätigkeit der FG konzentrierte sich auf die organisatorische Festigung, die Anleitung zur Vertiefung der fachlichen Kenntnisse der Mitglieder und die Unterstützung der außerunterrichtlichen Tätigkeit an den Schulen sowie die Jugendarbeit. Die FG-Veranstaltungen dienen der Vermittlung astronomischen Grundwissens, der Anleitung zur Beobachtungspraxis sowie der Anregung zur Beschäftigung mit speziellen astronomischen Problemen. Viele Lehrer nutzen diese Veranstaltungen für ihre Weiterbildung. Jugendliche FG-Mitglieder unterstützen die Astronomielehrer bei den obligatorischen Beobachtungen, andere übernehmen die selbständige Leitung von Schülerarbeitsgemeinschaften. Wie in anderen FG, wo die Arbeit mit der Jugend im Vordergrund steht, entspricht sie auch in Rostock ganz der „Vereinbarung zwischen der Freien Deutschen Jugend und dem Kulturbund der DDR über die Zusammenarbeit beim weiteren Aufbau des kulturellen Lebens der Jugend“. Fachgruppenleiter ist Bfr. Alfred Borchert.

Auch die **FG Ruhla** wurde erst 1971 tätig und verfügt bereits über eine eigene, im Oktober 1972 ihrer Bestimmung übergebene Volksternwarte, für die die FG-Mitglieder mehr als 2000 NAW-Arbeitsstunden leisten. Zur Zeit bestehen im Wohngebiet Ruhla-Thal-Seebach die FG Ruhla (12 Mitglieder), die Schülergruppe der EOS Ruhla (12 Mitglieder), die FG im Uhren- und Maschinenkombinat Ruhla (17 Mitglieder), 1 Gruppe für Astrofotografie (8 Mitglieder), 1 technische Arbeitsgruppe im Uhrenkombinat (9 Mitglieder) sowie eine Schülerfachgruppe für Weltraumfahrt (14 Mitglieder). Noch vor dem Republik-Jubiläum soll eine FG in Seebach gegründet werden, für die 20 Meldungen vorliegen.

Seit Bestehen der FG Ruhla wurden mehr als 200 astronomische Fach- und Lichtbildvorträge gehalten und eine von Mitgliedern verfaßte, mehrfach hergestellte Schriftreihe über astronomische und raumfahrttechnische Probleme steht Interessenten in der FG zur Verfügung. Umfangreiches Bildmaterial ist für den Aufgabenbereich „Nebelobjekte“ vorhanden, für dessen Studium eine spezielle Ausbildung von Mitgliedern erfolgt.

Die in unserer Zeitschrift Heft 2/74 von Bfr. Eilzer (Thal) vorgestellte Weckerwerk-Nachführung wurde in der FG inzwischen weiterentwickelt, so daß sie auch für das neue Schulfernrohr „Telemontor“ vom VEB Carl Zeiss Jena geeignet ist und eingebaut werden kann. Die FG hat diese Entwicklung einer Expertengruppe für astronomische Unterrichtsmittel bei der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR vorgelegt. Die Kommission hat entschieden, daß die Nachführeinrichtung zum Schulfernrohr nachgefragt werden soll und die dazu notwendigen Schritte empfohlen. Ein bereits fertigtes Instrument wird inzwischen in der Sternwarte Crimmitschau getestet.

Die erfolgreiche Arbeit der jungen FG verdankt diese auch der verständnisvollen ideellen und finanziellen Unterstützung durch die Betriebe VEB UMK und VEB ERU in Ruhla. Fachgruppenleiter in Ruhla ist Bfr. W. Gesell.

Die **Fachgruppe Schönebeck/Elbe** gehört ebenfalls zu jenen FG, denen es gelungen ist, Jugendliche für eine astronomische sinnvolle Freizeitgestaltung zu gewinnen. Von den 23 Mitgliedern sind nur 2 60-jährig, so daß der Altersdurchschnitt 22,8 Jahre beträgt. Die FG ist nach einem Jahresarbeitsplan tätig und wird von der Schulsternwarte „Bruno-H.-Bürgel“ in Schönebeck-Salzellen sehr gut unterstützt. Die FG-Zusammenkünfte erfolgen regelmäßig 14-tägig. Fachgruppenleiter ist Bfr. H. Ehrecke.

25 Mitglieder hat jetzt die **Fachgruppe Wittenberg**, die durch astronomische Vorträge im „Hans-Heinrich-Franck-Klub“ vorbereitet wurde. Ganz zeitgemäß ist sie auch in ihrer Öffentlichkeitsarbeit. So veranstaltete sie z. B. im Mai 1974 ein Astro-Disco mit 75 Teilnehmern und brachte „heiße“ Musik abwechselnd mit aktuellen Informationen und einem Astro-Wissenstest. Zum Republik-Jubiläum soll eine Chronik der FG erarbeitet und eine Ausstellung gestaltet werden. Außerdem unterstützt die FG den Aufbau einer Schulbeobachtungsstation. Fachgruppenleiter ist Bfr. Wolfgang Severin.

Die **Fachgruppe Zittau** arbeitet mit der dortigen Volksternwarte und der Sternwarte des Bfr. Scholz in Lückendorf zusammen. Sie führt öffentliche Vortrags- und Beobachtungsabende durch sowie Jugendweihe- und Brigadeveranstaltungen, unterstützt astronomische Schülerarbeitsgemeinschaften, leitet die Beobachtungstätigkeit an und wertet die Ergebnisse aus. Für die Urlauber im Zittauer Gebirge empfängt die Sternwarte von Bfr. Scholz in Lückendorf interessierte Gäste. Bfr. Scholz selbst hält – unterstützt von FG-Mitgliedern – astronomische Vorträge in den Urlaubsorten. Fachgruppenleiter ist Bfr. Martin Franze.

Hf.

10 Jahre Volks- und Schulsternwarte „Juri Gagarin“, Eilenburg

Am 12. April 1964 wurde die neuerbaute Volks- und Schulsternwarte in Eilenburg (Bez. Leipzig) – Nachfolgeeinrichtung der Urania-Sternwarte des Bfr. Edgar Otto sen. – eröffnet. Sie erhielt den verpflichtenden Namen „Juri Gagarin“.

Nach Ablauf eines Jahrzehnts konnte die Vorsitzende des Rates des Kreises Eilenburg am 12. 4. 1974 in einer Festveranstaltung vor prominenten Gästen feststellen, daß die Mitarbeiter der Sternwarte ihre Verpflichtung in Ehren erfüllt haben. Die Einrichtung, heute geleitet von Bfr. Edgar Otto jun., stellvertretender Vorsitzender des Zentralen Fachausschusses Astronomie, hat eine sehr positive Entwicklung genommen. Sie ist vor allem nicht nur Schulsternwarte und auch nicht nur Volksternwarte geworden; vielmehr hat jeder der Arbeitsbereiche Amateurastronomie, Erwachsenenbildung, Schulastronomie und wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiete der Beobachtung künstlicher Erdsatelliten seinen eigenen Platz in der umfangreichen Tätigkeit der Sternwarte.

Die Sternwarte umfaßt heute drei Beobachtungsstationen, davon zwei Kuppelbauten und ein Beobachtungsgebäude mit abfahrbarem Dach. Darüber hinaus sind Laborräume, ein Hörsaal für 50 Personen und eine gut ausgestattete mechanische Werkstatt vorhanden. Ein Zeiss-Kleinplanetarium vervollständigt die astronomische Bildungseinrichtung, die zu den bestausgerüsteten Volks- und Schulsternwarten unserer Republik gehört.

Die Gäste der Festveranstaltung – darunter Offiziere der Sowjetarmee und viele Mitglieder des Zentralen Fachausschusses Astronomie – nahmen an der Enthüllung einer Büste Juri Gagarins und an einer öffentlichen Veranstaltung zu Ehren des ersten Kosmonauten teil. Am Nachmittag fand eine Sitzung des Zentralen Fachausschusses Astronomie statt, an der die Gäste auch Mitglieder des Bezirksfachausschusses Astronomie Leipzig teilnahmen. Den Abschluß des Tages bildete ein festlicher Empfang des Rates des Kreises Eilenburg.

Li.

Bezirkstagung des BFA Halle (Saale)

Am 27./28. April 1974 fand in Halle eine Bezirkstagung des BFA Astronomie statt. Der erste Tag galt der Theorie. Dr. Gerhard Jackisch (Sternwarte Sonneberg) sprach über „Die Bedeutung der Kantischen Kosmogonie und Kosmologie für die Entwicklung der Astronomie“ und Prof. Dr. Nikolaus Richter (Observatorium Tautenburg) hielt einen Einführungsvortrag über „Ergebnisse und Probleme der extragalaktischen Forschung“. Nach dem Vortrag konnte das neue Schulfernrohr Telemotor sowie ein alter Sextant, der in Wustrow erworben worden war, besichtigt werden. Am 2. Tag starteten 3 Busse zum Observatorium Tautenburg, durch das Prof. Dr. Richter die Teilnehmer führte und dabei dessen Geschichte, Aufgaben und Bedeutung erläuterte. Anschließend wurde das Groß-Planetarium in Jena besucht, wo Dr. Löhel den Verlauf einer Nacht bei uns, am Nordpol und am Äquator, den scheinbaren Lauf der Sonne im Verlauf eines Jahres, die Sonnenfinsternis vom 30. 6. 1973, den Lauf der Planeten um die Sonne und den Sternenhimmel vom Mond aus gesehen (Apollo-Landung 1969) erleben ließ.

K. TZSCHACHMANN

Astronomische Arbeitsgemeinschaft des VEB Carl Zeiss Jena

Die Astronomische Arbeitsgemeinschaft Urania Jena ist eine Kulturgruppe des VEB Carl Zeiss. Sie konnte in diesem Jahr ihr 65jähriges Bestehen feiern. Mit dem Sektor Astronomie des Kulturbundes der DDR verbindet sie von jeher ein enger Kontakt, da von dort viele wertvolle Anregungen zu praktischen Beobachtungen und zur Unterstützung des Astronomieunterrichtes in den Schulen ausgehen. Deshalb werden die Astro-Tagungen des Kulturbundes stets von mehreren Mitgliedern besucht und die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ sowie die Rundbriefe eifrig studiert.

Die Urania-Sternwarte Jena verfügt über 2 Sternwarten. Eine davon besteht aus einem kleineren Kuppelgebäude mitten in der Stadt im Schillergäßchen neben der Universitätssternwarte. Wegen der günstigen Verkehrslage steht sie besonders unseren Besuchern (etwa 5000 Personen im Jahr) zur Verfügung. Das Hauptinstrument ist hier seit einem Jahr ein 15-cm-Coudé-Refraktor, der sich vorzüglich für die Sternführungen eignet. Das nächstwichtigste Fernrohr ist hier ein Kometsucher 80/500, mit dem jeder Besucher selbst „am Himmel spazieren gehen kann“.

Die zweite Sternwarte steht im Jenaer Stadtforst 200 m über der Stadt mitten im Wald. Die Sichtverhältnisse sind hier, abgesehen vom Baumwuchs, ausgezeichnet. Hier führen die Sternfreunde ihre speziellen Beobachtungen an Sonne, Mond und Planeten durch. In den letzten Jahren wurde hier auch die Astrofotografie, besonders die Farbfotografie gepflegt. Diese Sternwarte besteht aus einem größeren Kuppelgebäude und dem sogenannten Spektrographenhaus mit mehreren Räumen. Hauptinstrument ist ein 50-cm-Cassegrain.

Die Tätigkeit der Arbeitsgemeinschaft hat sich in den letzten Jahren besonders auf 5 Jugendzirkel konzentriert. So bestehen Zirkel für Schüler, Übersetzer, Zeisslehrlinge, Studenten und ein spezieller Astronautikzirkel. Die meisten Gruppen treffen sich wöchentlich. Jeder Teilnehmer ist im Rahmen seiner Kräfte und Kenntnisse für die Ausgestaltung der Abende mitverantwortlich. Das hat sich sehr bewährt.

Am aktivsten ist zur Zeit der Astronautikzirkel, der mit der Jugendgruppe der Astronautischen Gesellschaft der DDR eng zusammenarbeitet. Fachtreffen dieser Jugendlichen im DDR-Maßstab mitgestaltet und fleißig in die UdSSR und in das sozialistische Ausland reist, um Fach- und Volkssternwarten, Planetarien und astronautische Volksbildungseinrichtungen kennenzulernen.

Die Zirkelleiter und Referenten der Sternwarte sind meist Diplomanten und Studenten. Die räumliche Nachbarschaft zur Universitätssternwarte wirkt sich ebenfalls günstig auf die Arbeit der Sternfreunde aus. Mit dem Vortragszentrum der Urania des VEB Carl Zeiss besteht engste Zusammenarbeit.

Am betrieblichen Geschehen im Zeisswerk nehmen die Mitglieder der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft regen Anteil, denn sie wissen die Unterstützung ihrer Arbeit durch diesen Großbetrieb gut zu würdigen.

HELMUT WOLF

Aus der Literatur

Die DDR im „Interkosmos“-Programm

Der Präsident der Akademie der Wissenschaften der DDR, Prof. Dr. Hermann Klare, sprach anlässlich eines Festvortrags zum 250. Jahrestag der Gründung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auch über das „Interkosmos“-Programm und führte dazu u. a. aus:

„Beispielgebend für die erfolgreiche Forschungs-kooperation besonders mit der Sowjetunion ist das Forschungsvorhaben „Interkosmos“. Seit Beginn dieser Kooperation im Jahre 1967 sind acht Satelliten, zwei Großraketen und mehrere meteorologische Raketen gemeinschaftlich ausgerüstet und gestartet worden. Nach den ersten Experimenten spezialisierten sich die einzelnen Partner auf Gebiete, die der wissenschaftlichen Tradition des jeweiligen Landes entsprechen. So wird in der

DDR die Magnetosphärenforschung, die Absorptionsspektroskopie und die Ionosphärenforschung als Teil des Gesamtprogramms betrieben.

Für die Weiterentwicklung der Geowissenschaften unserer Republik war die Übergabe von Mondgestein, das die sowjetischen automatisierten Stationen Luna 16 und 20 zur Erde gebracht haben, außerordentlich bedeutsam. Die vorliegenden ersten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß es mit den in der DDR verfügbaren Geräten und Kenntnissen möglich ist, im Rahmen des Interkosmos-Programms auch auf diesem Gebiet originelle wissenschaftliche Beiträge zu liefern."

Zu diesem Komplex gab der Vorsitzende des „Interkosmos“-Rates, Prof. Dr. Boris Petrow dem „ND“ ein Interview, welchem wir folgende Ausführungen entnehmen:

„Dem Interkosmosrat gehören die Sowjetunion, Bulgarien, die ČSSR, die DDR, Kuba, die Mongolische Volksrepublik, Polen, Rumänien und Ungarn an. Zwischen den Wissenschaftlern dieser Länder hat sich eine umfangreiche und sehr erfolgreiche Zusammenarbeit ergeben, die weit in die Zukunft reicht.

Diese enge Kooperation zwischen den sozialistischen Bruderländern bezieht sich auf gemeinsam ausgerüstete und gestartete Satelliten der Interkosmosserie (der elfte Satellit aus dieser Reihe wurde erst am 17. Mai 1974 gestartet) sowie auf geophysikalische und meteorologische Raketen. Des weiteren koordiniert der Rat die Tätigkeiten von Bodenstationen, wissenschaftlichen Einrichtungen, Behörden und Industriebetrieben in den genannten Ländern, die bei der Erforschung des kosmischen Raumes zusammenwirken.

Die Forschungsergebnisse kommen selbstverständlich jedem Mitgliedsland zugute, auch wenn kein direkter technischer Beitrag zu dem einen oder anderen Experiment geleistet wurde. Gegenwärtig sind wir dabei, einen Perspektivplan für die kommenden Jahre aufzustellen.

Es werden hauptsächlich vier Richtungen eingeschlagen: die kosmische Physik, die kosmische Meteorologie, die kosmische Nachrichtentechnik und viertens schließlich die kosmische Biologie und Medizin.

Den in der Interkosmoskooperation tätigen Meteorologen helfen bereits sechs meteorologische Spezialraketen, die wichtige Angaben über den Aufbau der Erdatmosphäre, die Stockwerke der Atmosphäre, liefern.

Breiten Raum nimmt die Tätigkeit für die kosmische Nachrichtentechnik ein. Ein aus dem Interkosmosprogramm hervorgegangenes Send- und Empfangssystem wurde auch in Kuba installiert. Diese Anlage hat sich z. B. während des Staatsbesuches des Generalsekretärs unserer Partei, Genossen Leonid Bresniew, in Kuba bewährt und lieferte über einen der Molnija-Nachrichtensatelliten ausgezeichnete Fernsehbilder.

Daß Interkosmos auch auf den Gebieten der Biologie und der Medizin arbeitet, ist vielleicht noch am wenigsten bekannt. Doch hier liefern wir schon der täglichen Praxis Informationen und Verfahren, die viel von dem amortisieren, was an finanziellen Mitteln für unsere Projekte aufgebracht werden mußte. Ich meine damit Erkenntnisse und neue Werkstoffe, aber auch medizinische Geräte, die, ursprünglich für den Weltraum bestimmt, heute in vielen Kliniken Nutzen bringen.

Ein weites Kooperationsgebiet, die Ionosphärenforschung, dient unmittelbar der Praxis. An diesen Forschungen hat übrigens die DDR einen großen Anteil. So haben wir beispielsweise die Magnetosphäre über den Polargebieten untersucht. Hier gibt es noch viele rätselhafte Prozesse, so u. a. die Frage, wie sich die Sonnenaktivität auf die Ionosphäre und Magnetosphäre auswirkt. In diesen Regionen treten hohe Ströme auf, deren Dichte zwar gering, deren Stärke aber immerhin 100000 bis 1 Millionen Ampere beträgt. Sie haben Anteil an solchen Naturerscheinungen wie Magnetstürmen und Polarlichtern; sie beeinflussen die Ausbreitung von Rundfunkwellen und wirken sich in der Meteorologie aus.

Die DDR-Wissenschaftler gehören zu den aktivsten Teilnehmern unseres Programms. Ich sprach schon von sechs Spezialraketen für meteorologische Zwecke, die wir gestartet haben. In diesen Sonden befanden sich zehn Geräte allein aus der DDR. Des weiteren wurden für Satelliten mehr als 15 Bordgeräte von DDR-Wissenschaftlern hergestellt.

Besonders aktiven Anteil hat die DDR an unseren Sonnensatelliten. Mit einem Gerät, das wir mit DDR-Wissenschaftlern gemeinsam entwickelten, war es zum ersten Mal möglich, die Polarisation der Röntgenstrahlen bei Sonneneruptionen zu untersuchen. Aus der DDR stammt auch unser bestes Gerät für die Erforschung der Ultraviolettstrahlung der Sonne, ein Lyman-Alpha-Fotometer.

Während des Fluges von Salut 3 – Sojus 14 war das Mehrzweckgerät Polinom 2 M eingesetzt. Das sozialistische Gesundheitswesen stellt bei der Diagnostik einer Krankheit immer eindringlicher die Frage, wie es zu dieser oder jener Krankheit kommt, welche Faktoren daran beteiligt waren. Polinom hilft, diese Fragen zu beantworten. Das Gerät mißt den arteriellen Blutdruck, die Atemfrequenz, Körpertemperatur, Herzrhythmus und Hirnaktivität. Außerdem prüft es die Reaktionsfähigkeit und gibt Aufschlüsse über die Wirkungsweise des menschlichen Auges. Gerade Erkenntnisse aus Augenuntersuchungen werden bei der Konstruktion künftiger Beobachtungsautomaten von entscheidender Bedeutung sein.

Ursprünglich war Polinom nur für komplexe Untersuchungen des Organismus von Kosmonauten gedacht. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß das Gerät in der täglichen Praxis der Kliniken ebenso nützlich ist und wurde ihnen übergeben."

Nach ND vom 6. 7. und 26. 7. 74

Können Kometen durch Raumflugkörper erforscht werden?

Vor kurzem wurde in der Ukraine das erste Spezialobservatorium für Kometenforschung seiner Bestimmung übergeben. Zur Zeit werden Pläne ausgearbeitet, Kometen unmittelbar mit Raumflugkörpern zu erforschen.

Bewegung und Aufbau der Kometen sind jedoch noch nicht endgültig geklärt. Die Art der Wechselwirkung zwischen Kometen und Sonnenwind sowie der Bildungsmechanismen von Ionen und freien Radikalen sind ebenso wie die Zusammensetzung des Kometenkerns von größtem Interesse.

In der Bewegung einiger Kometen, vor allem der kurzperiodischen, das heißt solcher, bei denen zwischen zwei Annäherungen an die Sonne weniger als 200 Jahre vergehen, wurden Erscheinungen entdeckt, die sich nicht mit der Gravitationseinwirkung der bekannten Himmelskörper des Sonnensystems erklären lassen. Bei einigen dieser Kometen tritt über Jahrhunderte hinweg eine Beschleunigung auf, während die Bewegung anderer verlangsamt wird. Bis jetzt gibt es noch keine überzeugende Erklärung für diese Erscheinungen.

Nicht weniger interessant ist auch noch ein anderes Rätsel der Kometen. Sie verströmen jedesmal bei ihrer Rückkehr zur Sonne einen beträchtlichen Teil ihrer Materie für die Bildung des Schweifes. Obwohl sich ihre Lebensdauer dadurch annähernd berechnen läßt, treten sie immer wieder auf.

Woher nehmen sie dafür die Materie? Möglicherweise vollziehen sich während ihrer langjährigen Wanderungen durch das Dunkel des Weltraums noch unbekannte Veränderungen? Vielleicht ist des Rätsels Lösung aber auch einfacher: die langperiodischen Kometen werden kurzperiodisch. Unklar ist der Ursprung der Kometen überhaupt. Wären sie zur gleichen Zeit wie das Sonnensystem entstanden, hätten sie schon längst ihre gesamte Materie verlieren müssen. Dennoch gibt es Kometen, und ständig werden mehr entdeckt.

Offensichtlich läßt sich daraus schließen, daß die Kometen irgendwo entstehen. Dazu gibt es zwei Hypothesen. Nach der einen werden die Kometen durch mächtige Vulkanausbrüche auf den großen Planeten und deren Satelliten gebildet. Nach der anderen entstammen sie einer riesenhaften Kometenwolke, die sich während der Entstehung der großen Planeten bildete und jetzt das Sonnensystem umgibt.

Auf ihren verschiedenen Bahnabschnitten haben die Kometen unterschiedliche Geschwindigkeiten. Der Komet Kohoutek beispielsweise näherte sich der Sonne mit einer Geschwindigkeit von mehr als 100 km/sec. Nachdem er das Perihel, das heißt den sonnennächsten Punkt, passiert hatte, begann er seine Geschwindigkeit zu vermindern. Je weiter sich ein Komet von der Sonne entfernt, desto mehr verringert sich seine Geschwindigkeit.

In welchem Abschnitt der Flugbahn kann eine Annäherung eines Raumflugkörpers an einen Kometen erfolgen? Im Prinzip in jedem, wo es die Entfernung gestattet. Die Wahl des Treffpunkts wird jedoch von den Zielen des geplanten wissenschaftlichen Experiments abhängen.

Beschränkt man sich beispielsweise auf die Entnahme einer Probe des im Kometenschweif diffus enthaltenen Gases oder Staubs, braucht der Raumflugkörper diesen Schweif nur zu durchqueren. Schwieriger wird es aber, wenn der Flugkörper den Kometenkern fotografieren und andere Forschungsarbeiten durchführen soll. Hier hängt alles davon ab, wie lange der Flugkörper in der Nähe des Kerns verweilen muß. Schon ein Flug dicht am Kern vorbei kann genügen. In diesem Fall hängt die Aufenthaltsdauer in der Nähe des Kometen von dem Winkel ab, unter dem der Flugkörper dessen Umlaufbahn schneidet.

Soll sich der Flugkörper mehr oder weniger lange Zeit in der Nähe des Kerns aufhalten, muß er an das Forschungsobjekt herangebracht werden, nachdem dieses das Perihel passiert hat. Diese Aufgabe ist sehr schwierig.

Die Kometen kommen aus den unterschiedlichsten Richtungen auf die Sonne zu. Um einen Flugkörper in die Nähe des Kometen zu bringen, muß er dessen Bahnebene angenähert werden. Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand der Raumfahrttechnik ist es nämlich nicht möglich, die Bahnebene eines interplanetaren Flugkörpers während seines Fluges wesentlich zu verändern. Dazu wäre zuviel Treibstoff erforderlich.

Deshalb ist bei der Wahl des zu erforschenden Kometen die Leistungsgrenze der Raketentechnik genau einzukalkulieren. Die Anforderungen an die Steuerung eines Flugkörpers nehmen bei einem Flug zu einem Kometen zu. Da der Kometenkern im Vergleich zum Mond und den Planeten ein sehr kleines Objekt ist, ist es nicht möglich, den Flugkörper von der Erde aus zu steuern. Somit wird ein autonomes Navigationssystem benötigt.

Der Flugkörper muß immer in Richtung auf einen vorgegebenen räumlichen Punkt gestartet werden. Während jedoch die Umlaufbahnen solcher Himmelskörper wie der Planeten ziemlich genau bekannt sind, muß man die Umlaufbahn eines Kometen noch während des Fluges des Flugkörpers genauer bestimmen und Flugbahnkorrekturen vornehmen. Bei ungenügender Kenntnis einer Kometenbahn ist es schwierig, sich dem Kern zu nähern.

Aus: „Awiazajia i kosmonawtika“ Nr. 5/74, nach PdSU 28/74.

Der „Chef“ von Bjurakan

Mit dem Astrophysikalischen Observatorium Bjurakan ist der Name seines Gründers, Wiktor Ambarzumjan, Akademiemitglied, Direktor und wissenschaftlicher Leiter des Observatoriums, untrennbar verbunden. Er ist die Seele des Ganzen, ein Mensch mit hervorragendem Talent und ungewöhnlicher Arbeitsfähigkeit.

Wiktor Ambarzumjan, der Begründer einer weltbekannten Schule der theoretischen Astrophysik, wurde mit 26 Jahren der Professorentitel verliehen. Ein Jahr später wurde ihm ohne Dissertationsverteidigung der akademische Grad „Dr. der physikalisch-mathematischen Wissenschaften“ zugesprochen. Damals bewies der junge Wissenschaftler, Lehrstuhlinhaber an der Staatlichen Universität Leningrad, daß unsere Galaxis nicht mehr als 10 Milliarden Jahre alt ist, also sehr viel jünger, als man bisher angenommen hatte. Beinahe zwei Jahre wurde über diese Entdeckung mit namhaften Astronomen des Westens diskutiert. Ambarzumjans Standpunkt siegte.

Bald rief eine weitere grundlegende Arbeit von ihm eine Sensation hervor. Darin wurde festgestellt, daß die Sternentstehung gegenwärtig andauert, daß sie in ganzen Gruppen, Assoziationen, entstehen. Diese kühne theoretische Behauptung, die zuerst skeptisch aufgenommen wurde, bestätigte sich einige Jahre später hervorragend.

Der Wissenschaftler versetzte die Welt aber noch mehr in Aufregung. Die Astronomen führten die Entdeckung ungewöhnlich starker Radioquellen auf die Kollision zweier Galaxien zurück. Wiktor Ambarzumjan konnte diese Hypothese jedoch widerlegen und erklärte, daß es sich nicht um eine Kollision, sondern im Gegenteil, um die Teilung einer Galaxis handle. Wir sind Augenzeugen des Entstehens neuer Welten, neuer Galaxien! Daneben wurde eine weitere grundlegende Erscheinung, die Aktivität der Kerne der Galaxien, entdeckt. Durch diese und andere Arbeiten begründete Ambarzumjan Forschungsrichtungen, die einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Astrophysik ausübten.

Immer ist er bereit, vor Arbeitern und Jugendlichen zu sprechen und jemandem zu helfen, der sich mit einer persönlichen Bitte an ihn wendet. W. W. Sobolew, Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Professor an der Leningrader Universität, sagt: „Von den menschlichen Eigenschaften Wiktor Ambarzumjans möchte ich vor allem seine Güte und seinen geistigen Reichtum hervorheben. An diese Eigenschaften erinnere ich mich, und mit mir seine vielen Schüler, noch aus der Zeit, als er uns unterstützte, die ersten Schritte in der Wissenschaft zu tun.“ Die Entwicklung vieler Industriezweige Armeniens ist untrennbar mit dem Namen Wiktor Ambarzumjans verbunden. Der Wissenschaftler hat sich zum Beispiel stark für die Entwicklung der Rechentchnik in Armenien eingesetzt. Manchmal stützt er sich auch auf seine Autorität als Abgeordneter des Obersten Sowjets der UdSSR, wenn die Hilfe der entsprechenden Organe erforderlich ist.

Für diesen Wissenschaftler gibt es weder im täglichen Leben, noch in der Wissenschaft unbedeutende, zweitrangige Dinge. Bereits 1925 schied W. A. Ambarzumjan, damals noch Student an der Leningrader Universität: „Wenn ich es nicht lerne, die Ursachen einer bestimmten Erscheinung und ihres periodischen Charakters in einer ‚unbedeutenden‘ Arbeit zu bestimmen, dann werde ich erst recht keine wissenschaftlichen Forschungsmethoden bei der Lösung bedeutender Probleme anwenden können. In jeder kleinen Arbeit schmiedet der Mensch seine Gedanken. Gerade daraus ergibt sich die Fähigkeit, umfassende Probleme zu lösen.“

G. Arakeljan in „Prawda“, 14. 6. 1974 nach PdSU 29/74.

Bewegung von 3 Jupitermonden neu berechnet

Jupiter hat zwölf Satelliten. Es ist eine sehr komplizierte Aufgabe, ihre Bewegung zu erforschen. Das trifft sowohl für die dem Planeten naheliegenden als auch für die weiter entfernten Monde zu. Der Jupiter ist an seinen Polen beträchtlich abgeplattet, daher unterscheidet sich das Potential seines Gravitationsfeldes in geringer Entfernung stark vom Idealfall eines kugelsymmetrischen Feldes, und bei weit entfernten Satelliten ist die Gravitationsstörung durch die Sonne beträchtlich. W. A. Tamarow, L. E. Bykowa und T. W. Bordowizina, Mitarbeiter der Universität Tomsk, entwickelten neue Theorien über die Bewegung des V., VI. und VII. Jupitermondes.

Der Satellit V, der dem Planeten am nächsten liegt (1892 entdeckt), ist 2,5 Planetenradien vom Zentrum des Jupiter entfernt. Er hat eine fast kreisähnliche Umlaufbahn mit sehr geringer Neigung zur Äquatorebene des Planeten. Daher ist es nicht möglich, Keplers Standardformeln bei der Berechnung der Bewegung dieses Satelliten anzuwenden. W. A. Tamarow wandte bei der Entwicklung seiner Theorie des V. Jupitermondes eine Methode an, die bereits bei der Bahnberechnung von irdischen, künstlichen Satelliten Verwendung fand. T. W. Bordowizina gewann verbesserte Elemente für die Bahn des VII. Satelliten (1905 entdeckt). L. E. Bykowa stellte eine Zahlentheorie für die Bewegung des VI. Jupitersatelliten auf (1904 entdeckt), wobei die geringe Anzahl an Beobachtungen und die lange Periode, in der der Satellit überhaupt nicht erforscht wurde (1945–1965), zu großen Schwierigkeiten führten.

Aus: „Priroda“ Nr. 4/74 nach PdSU 27/74.

Erste jugoslawische Satelliten-Bodenstation übergeben

In der Nähe von Ivanjica (Zentralserbien) wurde kürzlich die erste jugoslawische Satelliten-Bodenstation für Telex-, Telefon- und Fernsehübertragungen ihrer Bestimmung übergeben. Sie ermöglicht eine Funkverbindung mit 60 Ländern Europas, Afrikas, des Nahen Ostens sowie Nord- und Südamerikas.

ND 22. 6. 74

Sonnenphysikalisches Observatorium in Debrecen übergeben

Ein modern ausgerüstetes sonnenphysikalisches Observatorium ist in der ungarischen Bezirksstadt Debrecen übergeben worden. Es wird sich ausschließlich mit Untersuchungen über die Natur der Sonnenaktivität beschäftigen. Die Einrichtung, zu der u. a. ein Spezial-Koronograph und ein damit verbundener Groß-Dispersionspektrograph gehören, ermöglicht Forschungen auf hohem Niveau. Die Geräte und Anlagen des Instituts wurden von wissenschaftlichen Einrichtungen der Sowjetunion geliefert. Die neue Forschungsstation erhält einen festen Platz innerhalb der Zusammenarbeit der Organisation „Interkosmos“, zu deren Aufgabe auch die koordinierte Untersuchung der sonnenphysikalischen Erscheinungen gehört.

ADN, 17. 6. 1974

ANS — ein astronomischer Satellit der Niederlande

Im August 1974 soll von der Western Test Ranges in Kalifornien, USA, mit Hilfe einer amerikanischen Scout-Rakete ein in den Niederlanden projektierte und gebauter astronomischer Forschungssatellit ANS („Astronomischer Niederländischer Satellit“) gestartet werden.

Erste Überlegungen zu diesem Satelliten — resultierend aus dem Bemühen niederländischer Vertreter von Industrie und Wissenschaft um eigene Raumfahrtbeiträge — wurden bereits 1965 durch eine Arbeitsgruppe angestellt, der Vertreter der Universitäten von Groningen, Leiden und Utrecht, der Firmen Fokker, Philips und Van der Heen sowie des Niederländischen Luft- und Raumfahrtlaboratoriums (NLR) angehörten. Auf Grund der von dieser Arbeitsgruppe ausgearbeiteten Vorschläge wurde 1968 durch die Firmen Philips und Fokker das „Industriekonsortium ANS“ (ICANS) gegründet, das 1969 die Studienphase für den Satelliten abschloß und daraufhin von der niederländischen Regierung zusammen mit den für die Ausarbeitung der wissenschaftlichen Experimente verantwortlichen Instituten den Auftrag für die Ausarbeitung des Projektes erhielt. Gleichzeitig hatten Verhandlungen mit der NASA zur Übereinkunft über die Bereitstellung der Starttrakte sowie zur Aufnahme eines amerikanischen Experimentes in das Satellitenprojekt geführt. Das ANS-Projekt hat damit den Charakter eines niederländisch-amerikanischen Kooperationsprogramms.

Das Satellitenkonzept

Das Gesamtkonzept des Satelliten wurde vorrangig durch die Forderung nach möglichst geringen Kosten und damit die Verwendung der kleinsten und am kostengünstigsten erhältlichen Trägerrakete bestimmt, wofür die amerikanische Scout-Rakete ausgewählt wurde. Damit sind für den Satelliten die Grenzen bezüglich Masse und Abmessungen festgelegt. Der Satellit hat eine Masse von etwa 130 kg bei etwa 38 kg wissenschaftlicher Instrumentation. Die äußeren Gehäuseabmessungen betragen $123 \times 73 \times 61$ cm.

Für den Satelliten sind drei Aufgabenkomplexe vorgesehen:

- Beobachtungen im UV-Bereich,
- Beobachtungen im Bereich der harten Röntgenstrahlen,
- Beobachtungen im Bereich der weichen Röntgenstrahlung.

Entsprechend diesen drei Experimenten besitzt der Satellit drei Meßeinrichtungen.

Experiment der Universität Groningen

Ziel dieses Experiments ist die Messung der Helligkeit einer Anzahl blauer Sterne im UV-Bereich bei fünf verschiedenen Wellenlängen zwischen 150 und 330 nm, um die Klassifizierung junger heißer Sterne in den UV-Bereich auszudehnen. Da hierfür die Messung einer großen Anzahl schwacher Objekte notwendig ist, wie sie besonders zahlreich in der Milchstraßen-Ebene vorkommen, wurde einmal die Grenzemphindlichkeit der Anlage auf die 10. Größenklasse festgelegt, zum anderen nur ein Blickfeld von $2,5 \times 2,5$ Grad Minuten vorgesehen, was allerdings hohe Anforderungen an die Ausrichtung bedingt. Das Teleskop für dieses Experiment besteht aus einem Cassegrain-Spiegel mit Gitterspektroskop und 5 Fotomultiplier-Röhren als Detektoren. Dieses Teleskop dient gleichzeitig für die Lageregelung des Satelliten.

Experiment der Universität Utrecht

Ziel dieses Experiments ist die Messung der Strahlung einzelner Röntgenstrahlungsquellen, ihrer spektralen Verteilung sowie der Zeitabhängigkeit der Strahlungsstärke. Die Meßanordnung besteht aus zwei Teilen, einer für den Wellenlängenbereich von 4,4–5,5 nm, einer für die Bereiche 0,2–0,4 nm, 0,4–1,2 nm und 2,7–3,5 nm.

Experiment der American Science & Engineering sowie des Massachusetts Institute of Technology

Das Ziel des Experiments ist ähnlich dem des der Universität Utrecht, die Messungen erfolgen jedoch in dem Wellenlängenbereich von 0,03–0,6 nm. Mit Hilfe eines Braggischen Kristalls sollen dabei besondere Spektrallinien dieses Bereichs untersucht werden.

Einige technische Details des ANS

Die Art der durchzuführenden Experimente erfordert für den Satelliten eine sehr hohe Richtgenauigkeit ($1'$), die mit üblichen Methoden wegen der geringen Masse und dem damit geringen Trägheitsmoment schwer zu verwirklichen ist. Eine annehmbare Lösung für diese Probleme ist durch Wahl einer polaren Umlaufbahn gefunden worden. Ihre Höhe beträgt 500 km als günstigster Kompromiß zwischen Lebensdauer und Startgewicht.

Das gewählte Lageregelungssystem benutzt die Sonne als Bezugspunkt. Eine Achse des Systems weist ständig zur Sonne. Dadurch können allerdings Objekte nur dann beobachtet werden, wenn sie auf einer Ebene senkrecht zur Verbindungslinie zur Sonne liegen. Da sich die Ebene wegen der jährlichen Drehung der Erde um die Sonne einmal pro Jahr dreht, kann jedes Objekt innerhalb von 6 Monaten beobachtet werden.

Ein besonderes Problem ergibt sich daraus, daß das Lageregelungssystem nur dann arbeitet, wenn sich der Satellit im Sonnenlicht befindet. Die Umlaufbahn kann so gelegt werden, daß der Satellit zunächst außerhalb des Erdschattens verbleibt. Ist die Umlaufbahn jedoch genau polar, gelangt der Satellit im Laufe der Zeit dennoch in den Erdschatten. Auf Grund der Polabplattung der Erde ist es möglich, eine Bahn zu wählen, die nicht genau über die Pole führt, so daß ihre Bahnebene so gedreht wird, daß sie der Bewegung der Erde um die Sonne folgt. Dadurch wird erreicht, daß der Satellit länger als ein halbes Jahr außerhalb des Erdschattens verbleibt.

Nach Ausrichtung auf die Sonne wird der Satellit im Orbit um die auf die Sonne weisende Achse in die gewünschte Lage gedreht, wozu die IR-Strahlung der Erde dient. Der Horizontsensor vermag den Satelliten mit einer Genauigkeit kleiner als 1 Grad auszurichten. Die genaue Lageregelung erfolgt dann rechnergesteuert.

Die Überwachung des Satelliten erfolgt durch das European Satellite Operation Centre (ESOC) Darmstadt über die Bodenstation Redu in Südbelgien. Da ein Kontakt Bodenstation-Satellit nur aller 12 Stunden zustande kommt, muß der Satellit sowohl Meßprogramm als auch Meßergebnisse für diesen Zeitraum speichern. Während jeden Funkkontaktes erhält der Satellit von Redu ein 12-Stunden-Programm zugespielt, das in Utrecht erarbeitet, in Darmstadt codiert und geprüft wird. Der Sender Redu arbeitet auf 148 MHz. Gleichzeitig können Befehle für Echtzeitausführung überspielt werden. Die Übertragung der Daten vom Satelliten erfolgt mit 4096 bit/s und einer Sendeleistung von 1,5 W auf 137 MHz.

Die Qualität des Signals wird am Boden sofort überprüft, um Teile eventuell wiederholen zu lassen.

Befindet sich der Satellit außerhalb des Sichtbereichs von Redu, wird ein 137 MHz-Signal mit 0,15 W ausgestrahlt, das zur Bahnverfolgung dienen kann. Es ist mit Daten über den Zustand des Satelliten moduliert.

Die Energieversorgung des Satelliten erfolgt durch ausklappbare Sonnenzellen, die 70 W liefern. Als Puffer ist eine NiCd-Batterie für 6 Ah vorgesehen.

Nach: Bloemendal, W.; Kramer, C.: Der Astronomische Niederländische Satellit (ANS). Philips Techn. Rundschau (Eindhoven), 33 (1973/74), Nr. 6, S. 121–134.

H. D. NAUMANN

Objekt QP-172 entferntester Himmelskörper?

Britische und amerikanische Astronomen haben den vermutlich entferntesten Himmelskörper mit Hilfe elektronischer Bildverstärker optisch identifiziert. Das Objekt mit der Bezeichnung QP-172 war bisher nur als punktförmige Radioquelle bekannt. Das von der Quelle ausgesandte Licht ist so schwach, daß es in der allgemeinen Hintergrundstrahlung untergeht. Erst mit Hilfe elektronischer Bildverstärker konnte es nachgewiesen werden. Bei der vermuteten Objektentfernung von zehn Milliarden Lichtjahren muß QP-172 eine der hellsten Lichtquellen des Weltalls sein.

ND 22. 6. 1974

EVP 1,50 M
PZV 31052

Kinematographie von Kometen?

In gekürzter Form machte die Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ (1973, Heft 10) ihre Leser mit einem Memorandum bekannt, dessen Gegenstand wissenschaftlich aussagekräftig sein dürfte und darüberhinaus auch pädagogisch sehr interessant erscheint. Es handelt sich um einen Aufruf „zur kinematographischen Beobachtung des Schweifes des Kometen Kohoutek 1973“. Danach war geplant, zahlreiche Kometen-Einzelaufnahmen zu einem Filmstreifen zu montieren, aus dem die zeitliche Entwicklung der Kometenerscheinung in extremer Zeitraffung hervorgeht. Dem Appell folgt eine Untersuchung über die zu erwartenden Beobachtungsbedingungen sowie die Diskussion einer möglichen Umsetzung in die Praxis.

Unter Verwendung von Astrokameras mit $f > 200$ mm und einem Öffnungsverhältnis von wenigstens 1:3,5 wurde die Herstellung von Einzelaufnahmen mit 10-minütiger Belichtungszeit (also 6 Aufn./h) empfohlen. Der angestrebte Bildfelddurchmesser in Schweifrichtung sollte mindestens $10''$ betragen. Mit Berücksichtigung von Sonnenentfernung, Erdentfernung, Δ RA Komet-Sonne sowie weiterer Einflüsse auf die Aufnahmequalität (wie z. B. der Sichtbarkeit des Mondes) ergaben sich drei Beobachtungsfenster zu etwa je 17 Tagen zwischen Ende November 1973 und Ende Februar 1974. Unter optimalen Bedingungen wurde für den Idealfall mit 510 Aufnahmen pro Kamera während dieser Zeit gerechnet.

Es bleibt abzuwarten, ob dieses auf rund 2000 Einzelaufnahmen projektierte Unternehmen seinen erfolgreichen Abschluß gefunden hat, da der Aufruf zu einem Zeitpunkt erfolgte, zu dem allgemein noch eine günstige Helligkeits- und Schweifentwicklung des Kometen Kohoutek angenommen wurde. Im besonderen war das Studium der Entwicklung von Strukturen eines möglichen Plasmaschweifes in der Ordnung 10^5 km beabsichtigt, dessen Gestalt sich mit Geschwindigkeiten der Größenordnung 10^4 km/sec relativ rasch verändert. Zu diesem Zweck sollten die eingesandten Aufnahmen zunächst auf einen 80 mm-Positivfilm umkopiert werden, wodurch man dem Einfluß der Inhomogenität der verwendeten Aufnahmen begegnen wollte. Während der Kopierarbeit sollten Streuungen in Bildfolge, Abbildungsmaßstab, Bildfeld, Schwärzung, Belichtung der Schweifstruktur usw. fototechnisch einem empirisch zu ermittelnden Optimum angeglichen werden. Eine im Anschluß an diese Arbeit gezogene 16 mm-Negativkopie würde die Grundlage für eine beliebige Zahl von 16 mm-Kopien darstellen.

K. F.

Sternbedeckungen durch Planeten wurden bibliographiert

Eine Bibliographie beobachteter „Sternbedeckungen durch Planeten“ veröffentlicht W. Sandner (Grafing b. München) in Heft 4 der „Sterne“, 49 (1973), S. 242–246.

Die Aufstellung – tabelliert nach Datum, bedeckter Stern (Katalog-Nr., Helligkeit), Beobachter und Beobachtungsort – weist insgesamt 55 Erscheinungen aus, davon: 8 Bedeckungen durch Venus, 14 Bedeckungen durch Mars, 14 Bedeckungen durch Jupiter, 8 Bedeckungen durch Jupitermonde (I–IV), 9 Bedeckungen durch Saturn, 1 Bedeckung durch Neptun, 1 Bedeckung durch Pluto.

Dieser Übersicht schließt sich eine Aufstellung über 4 Sternbedeckungen durch Planetoiden während der vergangenen 20 Jahre an.

Unter Betonung des wissenschaftlichen Gehaltes von Beobachtungen derartiger Erscheinungen für die Planetenforschung hinsichtlich der Planetenörter, ihrer Durchmesser und ihrer Atmosphären (Höhe, Dichtefunktion, chemische Zusammensetzung) folgt eine kurze Diskussion zur Häufigkeitsverteilung der Phänomene, die auf früheren Untersuchungen von P. Ahnert basiert.

K. F.

6¹⁹⁷⁴ Astronomie und Raumfahrt



INHALT

25 Jahre DDR — 15 Jahre Astronautische Gesellschaft der DDR · Herbert Pfaffe	161
Grundlagen der sphärischen Astronomie II · Dr. habil. Klaus-Günter Steinert	163

Amateure beobachten und berichten

Ein Höhenstufen-Libellenastrolabium und seine Eichung · Dr. Ernst Lehmann	174
Berichtigung zu Heft 3/74	179

Das Unternehmen Salut 3/Sojus 14 · Karl-Heinz Neumann	180
Nachruf für OMR Dr. Karl Sigmund	186

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1973 und 1974	187
--	-----

Aus der Literatur

Neues vom Merkur — Materiebrücke zwischen dem Milchstraßensystem und den Magellanschen Wolken ?	3. Umschlagseite
---	------------------

Buchbesprechungen

Was sind Pulsare ?	3. Umschlagseite
Einsatzmöglichkeiten fluidischer Steuerungen	4. Umschlagseite

Redaktionschluß: 20. 9. 1974

Herausgeber: Kulturbund der DDR, Zentraler Fachausschuß Astronomie in Verbindung mit Astronautischer Gesellschaft der DDR. Redaktion: Herbert Pfaffe (Chefredakteur; Astronautik), 102 Berlin, Poststraße 4-5; Prof. Dr. Joh. Hoppe, 69 Jena; Dr. Siegfried Marx (Astronomie), 6901 Tautenburg, Karl-Schwarzschild-Observatorium; O.L. Heinz Albert (Amateure beobachten und berichten), 963 Crimmitschau, Straße der Jugend 8; Karl-Heinz Neumann (Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“), 108 Berlin, Mohrenstraße 30/37; Heinz Mielke, 1003 Eichwalde; Artur Hockauf (verantwortlicher Redakteur). Redaktionsitz: 104 Berlin, Hessische Straße 11/12. Fernsprecher 4229744/45.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen.

Umschlaggestaltung: Gerd Löffler, Jena.

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint 1974 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 1490/78 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

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

25 Jahre DDR – 15 Jahre Astronautische Gesellschaft der DDR

HERBERT PFAFFE

In den Jahren 1955 und 1956 begann sich in unserer Bevölkerung ein erstes Interesse für die Astronautik zu regen, hatten doch für das bevorstehende Internationale Geophysikalische Jahr die Sowjetunion wie die USA den Start eines künstlichen Erdsatelliten angekündigt.

Beim Bezirksvorstand Berlin der Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse, der heutigen Urania-Gesellschaft, gestaltete eine kleine Gruppe von wissenschaftlichen Mitarbeitern und Technikern eine Ausstellung, die auf die zu erwartenden Ereignisse aufmerksam machte. Sie fand reges Interesse und ein breites Echo in der Presse.

Im Anschluß an diese Ausstellung bildete sich beim Berliner Bezirksvorstand der Urania-Gesellschaft eine Sektion Astronautik, die später zu einer zentralen Sektion dieser Gesellschaft erweitert wurde. Daraus entstand im Jahre 1960 die Deutsche Astronautische Gesellschaft, die kurze Zeit später aus der Urania-Gesellschaft herausgelöst und der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin angeschlossen wurde. Erster Präsident der neugebildeten Gesellschaft wurde Dr. Ferdinand Rühle. Gleichzeitig mit der Sektion Astronautik und der späteren Gesellschaft entwickelte sich auch die funktionstechnische Satellitenbeobachtungsstation, die zuerst in einer Baracke auf dem Gelände der Trabrennbahn in Berlin-Karlshorst und später in der Ingenieurschule für Maschinenbau und Elektrotechnik in Berlin-Lichtenberg untergebracht war. Seit mehr als 10 Jahren befindet sich diese Station im Berliner Stadtzentrum in der Mohrenstraße, im Gebäude des Verlages Junge Welt.

Ausgehend vom 25. Jahrestag der DDR und im Hinblick auf das 15jährige Jubiläum der Astronautischen Gesellschaft der DDR erscheint es angebracht, einen Rückblick auf die bisherige Entwicklung der Gesellschaft zu werfen, die mit großzügiger staatlicher Unterstützung – vor allem über die Akademie der Wissenschaften der DDR – erfolgte und ihren Aufgaben mit zunehmendem Erfolg gerecht werden konnte.

Die Astronautische Gesellschaft der DDR wurde unter der Bezeichnung Deutsche Astronautische Gesellschaft am 22. Juni 1960 in Berlin gegründet. Als eine der wissenschaftlichen Organisationen der DDR vereinigt sie in ihren Reihen Vertreter der verschiedensten Disziplinen der Natur-, Ingenieur-, Bio- und Gesellschaftswissenschaften. Zu den etwa 220 Einzelmitgliedern gehören namhafte Wissenschaftler der DDR und des Auslandes. Kollektivmitglieder sind wissenschaftliche Institutionen, gesellschaftliche Organisationen und Betriebe, z. B. das Zentral-Institut für solar-terrestrische Physik der Akademie der Wissenschaften der DDR, das Kosmonautenzentrum Karl-Marx-Stadt, der VEB Industriewerk Karl-Marx-Stadt, die Redaktion „Wissenschaft und Fortschritt“, Redaktionen des Rundfunks usw. Der sowjetische Kosmonaut German Titow, der amerikanische Wissenschaftler Prof. William G. Rohrer, Redlands (California), und der griechische Forscher Prof. Dr. Dr. Konstantin Tzonis, Athen, sind Ehrenmitglieder der Gesellschaft.

Auf dem XI. Internationalen Astronautischen Kongreß 1960 in Stockholm wurde die Gesellschaft als stimmberechtigtes Mitglied in die Internationale Astronautische Föderation aufgenommen, womit diese wissenschaftliche Weltorganisation vor 15 Jahren die DDR als souveränen Staat anerkannte. Das Abstimmungsergebnis darüber war überzeugend. Es gab nur eine Gegenstimme, die des Vertreters der BRD.

Delegierte der Gesellschaft nahmen an zahlreichen der jährlichen internationalen astronautischen Kongresse teil. So war die Gesellschaft 1960 in Stockholm, 1962 in Warna, 1964 in Warschau, 1966 in Madrid, 1967 in Belgrad, 1968 in New York, 1969 in Mar del Plata, 1970 in Konstanz, 1971 in Brüssel, 1972 in Wien, 1973 in Baku und 1974 in Amsterdam vertreten.

Die Astronautische Gesellschaft der DDR hat in den 15 Jahren ihres Bestehens eine Vielzahl von Aktivitäten entwickelt, um ihrem Gründungszweck gerecht zu werden. Ausgehend von dem in der Bevölkerung ständig gewachsenen Interesse an der Erforschung des Weltraumes, das durch die großen Erfolge von Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiet geweckt worden ist, hat die Gesellschaft die in der DDR an einer wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiet der Raumfahrtforschung interessierten Einzelpersonen und Institutionen zusammengeführt und vor allem durch eine breite Öffentlichkeitsarbeit dazu beigetragen, das vorhandene Bedürfnis nach Informationen über die mit der Raumfahrtforschung zusammenhängenden Fragen und Probleme zu befriedigen.

Als wissenschaftliche Vereinigung für die Fragen der Raumfahrtforschung sieht die Gesellschaft in der Periode der Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus in der DDR – in der der Beherrschung der wissenschaftlich-technischen Revolution mit der Beherrschung der hohen

und ständig wachsenden Komplexität aller gesellschaftlichen Prozesse einhergeht — ihre vornehmste Aufgabe darin, die Fragen und Probleme der Raumfahrtforschung nicht nur unter ihren spezifisch naturwissenschaftlichen, technischen oder gesellschaftswissenschaftlichen Aspekten, sondern mehr als bisher in ihrer Verflechtung als komplexe gesellschaftlich-wissenschaftliche Ereignisse zu untersuchen, darzustellen und zu kommentieren.

Diese Aufgaben löst die Gesellschaft vor allem durch die Abhaltung von pro Jahr 1–2 Plenarveranstaltungen, die in erster Linie als wissenschaftliche Konferenzen durchgeführt werden, durch die alle 4 Jahre stattfindenden Mitgliederversammlungen, die mit einer Neuwahl des Präsidiums und der zentralen Revisionskommission verbunden sind, durch 3–4 Veranstaltungen der Jugendarbeitsgruppe pro Jahr und durch Veranstaltungen der Bezirksgruppen.

Die Mitglieder der Astronautischen Gesellschaft der DDR nehmen als Referenten der Urania-Gesellschaft und als Publizisten in Fernsehen, Rundfunk und in der Presse an einer breiten Öffentlichkeitsarbeit teil.

Von Präsidiumsmitgliedern wurden astronautische Standardwerke wie das Raumfahrtlexikon, das Typenbuch der Raumflugkörper und das Raketentypenbuch entwickelt. Diese Werke sind auch im Ausland stark verbreitet.

In den 15 Jahren des Bestehens der Gesellschaft wurden folgende Arbeitsgruppen wirksam: Aus- und Weiterbildung (vormals Astronautik und Schule), Geschichte, Philosophie und Weltraumrecht, Dokumentation und Information. Ein wissenschaftlich-technischer Arbeitskreis ist im Aufbau.

Auf Initiative der Jugendarbeitsgruppe wurde der Raketenmodellbau in der DDR gefördert. Seit ihrem Bestehen arbeiten die Mitglieder ihres Bereiches „Raketenmodellbau“ intensiv an der Einführung dieser technischen Sportart auch in unserer Republik. Nach entsprechenden schriftlichen Anfragen an den V. Kongreß der GST begann eine Erfolg versprechende Zusammenarbeit mit der GST, die Ende Mai 1973 zum ersten internationalen Modellraketenwettkampf in der DDR führte. Vom Leiter des Arbeitsbereiches „Raketenmodellbau“ wurden Grundlagen für technische Aspekte beim Raketenmodellbau entwickelt und im „Kosmos-Kurier“ Nr. 13–14 veröffentlicht.

Höhepunkte in der Arbeit der Gesellschaft waren sowohl die aktive Mitwirkung unserer Mitglieder bei der Gestaltung einer großen sowjetischen Kosmos-Ausstellung im Bezirk Karl-Marx-Stadt als auch beim Aufbau der Kosmos-Abteilung in der sowjetischen Ausstellung, die anlässlich der Tage der sowjetischen Wissenschaft und Technik in der Seelenbinderhalle in Berlin gezeigt wurde.

Die Astronautische Gesellschaft der DDR übt ihre Tätigkeit auf der Grundlage eines Statuts aus, das mit Wirkung vom 12. Juni 1970 an die Stelle des am 22. Juni 1960 beschlossenen Statuts trat.

In diesem Statut wird über Aufgaben und Tätigkeit der Gesellschaft folgendes ausgesagt:

Das Hauptanliegen der Gesellschaft besteht darin, die friedliche Erforschung und Nutzung des Weltraumes zu fördern, im Rahmen der Aufgaben der Internationalen Astronautischen Föderation (IAF) zur internationalen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet beizutragen und gesellschaftswissenschaftliche, naturwissenschaftliche und technische Kenntnisse über die friedliche Weltraumforschung komplex zu vermitteln. Die Gesellschaft verwirklicht ihr Hauptanliegen durch wissenschaftliche Veranstaltungen, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Öffentlichkeitsarbeit, Mitarbeit am Literatur-, Informations- und Dokumentationssystem, ständige enge Zusammenarbeit mit staatlichen Organen, gesellschaftlichen Organisationen, Kombinat, Betrieben und wissenschaftlichen Einrichtungen.

Die Astronautische Gesellschaft der DDR leistet ihre Arbeit in enger Verbindung mit entsprechenden Vereinigungen in der UdSSR und den anderen sozialistischen Staaten. Sie ist bemüht, auch mit den Gesellschaften in anderen Staaten, die ebenfalls Ziele friedlicher wissenschaftlicher Arbeit verfolgen, Kontakte herzustellen und zu pflegen. Das geschieht in erster Linie auf den internationalen astronautischen Kongressen und in Auswertung der dort hergestellten Kontakte.

Mitglieder der Jugendarbeitsgruppe haben erstmals anlässlich des XXIV. Internationalen Astronautischen Kongresses in Baku an einer internationalen Studentenkonferenz teilgenommen und dort Vorträge gehalten.

Im Jahre 1973 beging die vom Kulturbund der DDR in Verbindung mit der Astronautischen Gesellschaft der DDR herausgegebene Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ ihr 10jähriges Bestehen. Im gleichen Jahre jährte sich der Geburtstag von Nicolaus Copernicus zum 500. Male. Die Redaktion der Zeitschrift beschloß, das zeitliche Zusammenfallen des Eintretens in ein neues Jahrzehnt mit dem Copernicus-Jubiläum als Programm aufzufassen, denn eine der wesentlichen Aufgaben der Zeitschrift ist in Verbindung mit astronomisch-astronautischen Problemen die weltanschaulich-ideologische Bildung und Erziehung. Kein wissenschaftlich tätiger Mensch kann an den weltanschaulichen Konsequenzen seiner Arbeit vorbeidenken. Wer wie unsere Mitglieder in der Öffentlichkeitsarbeit steht, wird mit der Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse stets auch Komponenten der weltanschaulichen Bildung gekoppelt sehen.

Die Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt“ wird auch künftig wissenschaftlich denken und forschen lehren, sie will helfen, einen Beitrag zur Formung des wissenschaftlichen Weltbildes all jener Menschen zu leisten, die sie mit ihrer Arbeit erreicht.

Im Jahre 1974 beging die Satellitenbeobachtungsstation „Junge Welt“ ihr 10jähriges Jubiläum. Sie wurde am 19. März 1964 als ein gemeinsames Unternehmen des Präsidiums der Astronautischen Gesellschaft der DDR und der Redaktion der Tageszeitung Junge Welt gegründet. Die Astronautische Gesellschaft war an einer, wenn auch bescheidenen wissenschaftlichen Arbeit interessiert, die Zeitung an einer möglichst umfangreichen und wissenschaftlich fundierten Information ihrer Leser auf dem Gebiete der Raumfahrt. Die Station konzentriert sich auf die funktechnische Beobachtung und Bahnverfolgung der sowjetischen Satelliten der Kosmos-Serie und der bemannten sowjetischen Raumschiffe. Die Signale des ersten sowjetischen Satelliten, die empfangen und aufgezeichnet werden konnten, waren die von Kosmos 28, gestartet am 4. April 1964.

Fast alle Satelliten der Sowjetunion, die im Bereich von etwa 20 MHz gesendet haben, konnten verfolgt werden. Daneben wurden besondere astronomische Ereignisse fotografiert und die Sonne in ihrer letzten Aktivitätsperiode fotografisch und visuell überwacht.

Im Jahre 1968 wurden an der Station erstmalig von Satelliten gesendete Wetterbilder regelmäßig aufgezeichnet. Einen Teil der dazu notwendigen Apparaturen entwickelten und bauten Mitarbeiter, die in ihrer Freizeit an der Station tätig waren und es zum Teil noch sind. In der letzten Zeit konnte der Gerätepark der Station wesentlich erweitert werden. Zusatzinstrumente wurden gebaut, neue, vornehmlich voll transistorisierte Apparaturen werden entwickelt. Das war vor allem durch die Beschaffung eines umfangreichen Parks an Service-Instrumenten möglich. So erhielt die Station z. B. vom Zentralinstitut für wissenschaftlichen Gerätebau der Akademie der Wissenschaften der DDR leihweise einen Wetterbildempfänger vom Typ APT-137/3, der unter dem Einfluß des Nahfeldes eines starken Senders (Fernsehturm) getestet wurde. Gegenwärtig werden Wetterbilder von hoher Qualität empfangen, die vom sowjetischen Wettersatelliten Meteor 18 abgestrahlt werden.

Auch in der Öffentlichkeitsarbeit und in der schulischen Arbeit war die Station erfolgreich. Es wurden Schülerarbeitsgemeinschaften betreut. Prominente Gäste wie z. B. der sowjetische Kosmonaut Andrejan Nikolajew und viele andere Interessenten besuchten die Station. Jedes Frühjahr erlebten zahlreiche Gruppen von Jugendweiheteilnehmern hier interessante Stunden.

Grundlagen der sphärischen Astronomie II

Astronomische Orts- und Zeitbestimmung

Dr. habil. KLAUS-GÜNTER STEINERT

1. Vorbetrachtungen

Viele Amateure haben den Wunsch bzw. es ergibt sich für sie die Notwendigkeit, die Koordinaten ihrer Sternwarte oder Beobachtungsstation zu ermitteln. Der einfachste Weg hierzu ist, die betreffenden Werte φ und λ aus einer Landkarte zu entnehmen. Will man zuverlässige Angaben haben, so ist hierfür unbedingt eine topographische Karte (z. B. 1:25000 oder 1:100000) zu verwenden. Solche Karten sind allerdings im allgemeinen schwer zugänglich. Andererseits haben manche Amateure den Ehrgeiz, ihre Stationskoordinaten selbst zu bestimmen. Dazu ist zu sagen, daß es viele Möglichkeiten zur Bestimmung von Länge und Breite eines Ortes sowie zur astronomischen Festlegung einer irdischen Richtung gibt, die auch der Amateur mit den ihm verfügbaren Mitteln ausschöpfen kann. Natürlich wächst dabei die Anforderung an das Instrumentarium und an den Aufwand bei Beobachtung und Rechnung mit der gewünschten Genauigkeit der abzuleitenden Ergebnisse.

Aus der Fülle der in der Literatur dargestellten Orts- und Azimutbestimmungsverfahren wird im folgenden ein kleiner, aber die wichtigsten Prinzipien repräsentierender Ausschnitt vermittelt.

Vor Beginn jeder Ortsbestimmung muß man überlegen, welches Verfahren unter bestimmten, gegebenen Umständen am günstigsten ist, d. h. mit ökonomischem Einsatz von Beobachtungs- und Rechenaufwand die besten Ergebnisse liefert. Dabei ist es wichtig zu wissen, wie die Fehler der Meßgrößen und der vorgegebenen Größen auf das Ergebnis wirken.

Das Ergebnis einer Orts-, Zeit- oder Azimutbestimmung kann sein die Breite φ , die Länge λ , die (Stern-) Zeit Θ bzw. der Stundenwinkel t und das Azimut a . (Auf den Zusammenhang zwischen Sternzeit Θ , Stundenwinkel t und Länge λ wird am Ende des Kapitels 4.2. eingegangen.)

Mit Hilfe der Fehlerrechnung ist der Einfluß von Meßfehlern auf das Ergebnis abzuschätzen. Eine bequeme Methode hierfür ist die Anwendung und Diskussion von Differentialformeln im sphärischen Dreieck [1], S. 35–36. Ohne Ableitung werden im folgenden die nötigen Differentialformeln gegeben. Man kann prinzipiell die Orts-, Zeit- und Azimutbestimmung aus Beobachtungen von

- Höhendurchgangszeiten (Messung der Sternhöhe h und der zugehörigen Zeit Θ') oder von
- Vertikaldurchgangszeiten (Messung einer Horizontalrichtung Δa und der zugehörigen Zeit Θ') ableiten.

Nach diesen beiden Prinzipien werden die Differentialformeln geordnet:

Bestimmung der Breite

- aus Höhendurchgangsbeobachtungen

$$|d\varphi| = \frac{1}{\cos a} |dz| + \cos \varphi \tan a |dt| \quad (1)$$

- aus Vertikaldurchgangsbeobachtungen

$$|d\varphi| = \frac{\tan z}{\sin a} |da| + \frac{\cos \delta \cos \varphi}{\cos z \sin a} |dt| \quad (2)$$

Bestimmung der Zeit (Länge)

- aus Höhendurchgangsbeobachtungen

$$|dt| = \frac{1}{\sin a \cos \varphi} |dz| + \frac{1}{\cos \varphi \tan a} |d\varphi| \quad (3)$$

- aus Vertikaldurchgangsbeobachtungen

$$|dt| = \frac{1}{\sin \varphi + \cos \varphi \cot z \cos a} |da| + \frac{\tan \varphi \cos z}{\cos \varphi} |d\varphi| \quad (4)$$

Bestimmung des Azimutes

$$|da| = \frac{\cos \delta \cos \varphi}{\sin z} |dt| + \frac{\sin a}{\tan z} |d\varphi| \quad (5)$$

In den Formeln (1) bis (5) werden für die Differentiale auf der rechten Seite der Gleichungen die Absolutbeträge der Fehler der Meßgrößen ($|dz|$, $|da|$, $|dt|$) oder der vorgegebenen Größen ($|d\varphi|$) verwendet. Der Fehler der Sterndeclination $d\delta$, der an sich in den Formeln (1) bis (5) auftritt, ist durchweg vernachlässigbar, da er 1 Bogensekunde nicht erreicht.

Die auf der linken Seite der Gleichungen stehenden Differentiale ($|d\varphi|$, $|dt|$, $|da|$) stellen die *Maximalfehler* der aus Messung und Rechnung abgeleiteten Größen dar. Sie dürfen nicht mit den *mittleren Fehlern* verwechselt werden, die allein durch die Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes bzw. aus der Streuung einzelner Meßergebnisse um deren Mittelwert bestimmt werden können.

In Tabelle 1 ist das Ergebnis einer Diskussion der in den Formeln (1) bis (5) gegebenen Fehlerinflüsse zusammenfassend dargestellt. Im Kapitel 4 werden Verfahren darzulegen sein, die aus den Erkennt-

Tabelle 1: Auswahl der fehlertheoretisch günstigsten Orts-, Zeit- und Azimutmessungsmethode

Bestimmungsgröße/Meßmethode	Höhendurchgangsbeobachtungen	Vertikaldurchgangsbeobachtungen
Breite	nahe dem Meridian (Horizontnähe wegen Refraktion meiden)	nahe dem I. Vertikal*) in der Nähe des Zenits
Zeit (Länge)	nahe dem I. Vertikal (Horizontnähe wegen Refraktion meiden)	nahe dem Meridian in der Nähe des Zenits
Azimut		mit der Sonne (in der Nähe des Horizonts) oder mit dem Polarstern

*) als Erster Vertikal wird derjenige bezeichnet, der Ost- und Westpunkt enthält.

nissen dieser Tabelle abgeleitet sind. Dabei werden vor allem die Höhendurchgangsbeobachtungen eine Rolle spielen, da der Amateur Höhenmessungen relativ leicht ausführen kann. Für Vertikaldurchgangsbeobachtungen, sofern es sich nicht gerade um Azimutmessungen handelt, wird im allgemeinen ein Passageinstrument einzusetzen sein. Nur bei sehr niedrigen Genauigkeitsforderungen genügt eine dioptrische Visiereinrichtung für diese Zwecke.

Vor der Durchführung von Ortsbestimmungen ist das Studium des Beitrags „Grundlagen der sphärischen Astronomie“ von K. G. Steinert in Heft 4/74, Seite 103, nötig.

2. Instrumente für die Ortsbestimmung des Amateurs

Prinzipiell sind alle Instrumente für die Orts-, Zeit- und Azimutbestimmung (kurz als Ortsbestimmung oder treffender als geodätische Astronomie bezeichnet) zur Messung der Koordinaten des Horizontsystems Azimut a oder/und Höhe h eingerichtet. Das gleiche gilt für die Ortsbestimmungsgeschäfte des Amateurastronomen. Die Palette der hier zu nennenden Meßinstrumente reicht vom senkrechten Schattenstab (Gnomon) und vom einfachen Pendelquadranten, die lediglich zur Höhenmessung geeignet sind, über den Kompaß zur Messung des magnetischen Azimutes bis hin zum selbstgebauten Behelfstheodolit und zum fabrikmäßig hergestellten Theodolit oder Universal, als dem idealen Instrument für die meisten Zwecke der Ortsbestimmung.

Jedes dieser Instrumente hat seinen spezifischen Aufgabenkreis, den der Benutzer kennen muß, um zu sinnvollen Ergebnissen zu kommen und sich Enttäuschungen zu ersparen.

Der **senkrechte Schattenstab** ist das einfachste Gerät, welches mit geringen Mitteln selbst angefertigt werden kann und bei genauer Herstellung bemerkenswerte Ergebnisse der Sonnenhöhenmessung liefert. Außerdem kann er auch zur Azimutmessung und Zeitbestimmung dienen. Der Fehler einer Höhenmessung $|dh|$ hängt ab von der Genauigkeit der Messung der Schattenlänge $|dl|$, vom Höhenwinkel h der Sonne und von der Länge s des Schattenstabes, die als fehlerfrei bekannt angenommen werden kann. Es gilt folgende Differentialformel

$$|dh| = \frac{\sin^2 h}{s} |dl| \quad (6)$$

Die Formel (6) sagt aus, daß die Genauigkeit der Höhenwinkelmessung wächst, wenn die Stablänge s größer wird und wenn der Winkel h , unter dem die Sonnenstrahlen einfallen, kleiner wird. Der Fehler der Schattenlänge hängt nicht nur von der Messung ab, sondern auch von den beiden Instrumentalfehlern des Gerätes

— Horizontfehler der Unterlage und Lotfehler des Stabes.

Ein Fehler von 1° in der Horizontierung der Unterlage bewirkt z. B. bei einer Sonnenhöhe $h = 45^\circ$ und einer Stablänge $s = 0,5$ m einen Fehler in der Schattenlänge $|dl| = 1$ cm. Auf der anderen Seite erzeugt ein Fehler $|dl| = 1$ cm bei verschiedenen Sonnenhöhen folgende Höhenfehler

h	$ dh $
60°	$51'$
45°	$34'$
30°	$17'$
15°	$5'$

Aus diesen Zahlenangaben kann man abschätzen, was bei sorgfältiger Konstruktion mit dem Schattenstab an Genauigkeit erreicht werden kann, denn die als Beispiel angenommenen Fehler sind wesentlich größer, als bei praktischer Realisierung zu erwarten ist. Mit einer in die Grundplatte eingelassenen Dosenlibelle ist die Horizontierung auf $20'$ oder besser leicht durchzuführen. Die exakte Befestigung des Stabes senkrecht zur Grundplatte ist mit genügender Genauigkeit möglich.

Die Höhenmessung mit dem **Pendelquadranten** ist sehr einfach durchzuführen. Als Hilfsmittel dient ein großer Winkelmesser (Radius $\approx 0,3$ m), an dem im Kreismittelpunkt ein Lot an einer feinen Schnur angebracht ist. Gebrauch und Funktionsweise des Gerätes sind in Abbildung 1 dargestellt. Da es sich hierbei um ein Freihandinstrument handelt, ist die erreichbare Genauigkeit auf $0,5'$ begrenzt. Mögliche Fehlerquellen sind der Nullpunktfehler (meist als Indexfehler bezeichnet), der Exzentrizitätsfehler der Lotbefestigung und die Verkantung des Pendelquadranten (Abweichung aus der Vertikalebene). Die Einflüsse aller drei Fehler können jedoch leicht innerhalb der Grenzen der angegebenen Meßgenauigkeit gehalten werden.

In ganz ähnlicher Weise wie der Pendelquadrant wird der **Sextant** (Spiegel- oder Prismensexant) verwendet. Er besitzt ein optisches System, bestehend aus Fernrohr und Spiegeln bzw. Prisma, durch welches die Höhenmessung infolge Doppelreflexion weitgehend von den Unsicherheiten des Freihandgebrauches unabhängig wird. Der geübte Beobachter erreicht mit dem Sextanten Genauigkeiten von 1 Bogenminute oder besser. Bei Höhenmessungen über Land muß mangels eines geeigneten

natürlichen Horizonts ein künstlicher Horizont (horizontierte Glasplatte oder Quecksilberspiegel) verwendet werden. In diesem Falle wird am Gerät der doppelte Höhenwinkel abgelesen.

Übrigens ist der Sextant das einzige gegenwärtig gebrauchte Gerät, das Messungen in beliebigen Großkreisen gestattet. Neben Höhenmessungen können also auch Horizontalwinkel oder Stern-distanzen in beliebigem Azimut gemessen werden.

Obwohl der Sextant ein außerordentlich vielfältig einsetzbares Instrument ist, wird auf die Darlegung seiner Theorie hier verzichtet, da seine Anwendung unter den Amateuren im Inland wenig verbreitet ist. Das spricht aber keineswegs gegen das Gerät. Interessenten informieren sich in der nautischen Literatur über Einzelheiten der Theorie und praktischen Handhabung (s. z. B. [2], S. 138—143).

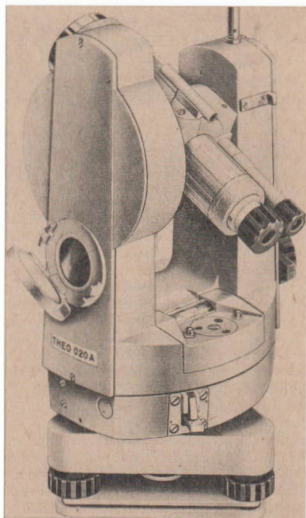
Ein Instrument zur Messung von Azimuten ist der **Kompaß**, auch **Bussola** genannt. Entsprechend den bekannten Eigenschaften dieses Gerätes wird nicht das astronomische, sondern das magnetische Azimut gemessen. Die Beziehung zwischen beiden, die magnetische Deklination oder Mißweisung kann an einem Ort als Konstante für längere Zeit bestimmt werden.

Der normale, einfache Kompaß dient nur zur Azimutmessung von Zielen im Horizont. Gestirne in einer Höhe h sind anmeßbar, indem sich der Beobachter so hinter ein geeignet aufgehängtes Lot stellt, daß Stern, Lot, Visierlinie des Kompasses und Auge des Beobachters in einer Vertikalebene liegen. Moderne Marsch- oder Geologenkompass (Hersteller VEB Freiburger Präzisionsmechanik) verfügen über ein Diopter, mit dem man bei horizontaler Lage des Kompasses Ziele in beliebiger Höhe anvisieren kann, um deren Azimut zu messen. Falls der Kompaß eine Strichteilung besitzt, können die Ablesungen nach der Beziehung $1^\circ \triangleq 16,66 \dots$ Strich umgerechnet werden. Die Genauigkeit der magnetischen Azimute mit dem Kompaß beträgt 1° oder wenig besser.

Eine Vervollkommenung des Pendelquadranten ist der **Behelfstheodolit**, der mit einfachen Mitteln selbst hergestellt werden kann. Auf einem Photostativ wird eine Stehachse in einer Buchse vertikal

Abb. 1, links: Höhenmessung der Sonne mit dem Pendelquadranten (Achtung! Sonnenschutzglas verwenden!).

Abb. 2, rechts: Moderner Theodolit des VEB Carl Zeiss Jena (Foto mit freundlicher Genehmigung des VEB Carl Zeiss Jena).



drehbar montiert. Diese Stehachse hat in gewisser Höhe über dem Stativ eine horizontale Abknickung, an der ein Pendelquadrant im Mittelpunkt des Winkelmessers als Vertikal- oder Höhenkreis drehbar befestigt wird. Die Höhe der Abknickung richtet sich nach dem Durchmesser des Pendelquadranten. Ein in 360° geteilter Vollkreis mit Radius von maximal 20 cm wird aus Sperrholz oder Kunststoff als Horizontalkreis möglichst genau senkrecht zur Stehachse auf den Stativkopf montiert. Zur Anzeige und Ablesung dieses Horizontalkreises wird ein Zeiger (Index) von der Länge des Horizontalkreisradius so angebracht, daß er sich bei Drehung des Instrumentenoberteils um die Stehachse mit bewegt. (Der Horizontalkreis verändert seine Lage bei dieser Drehung nicht.) Damit man den Behelfstheodolit auf den Südpunkt orientieren kann, empfiehlt es sich, den Horizontalkreis in beliebiger Lage klemmbar zu bauen.

Zur genauen Aufstellung des Gerätes (Horizontierung) sollte an der Stehachse oder am Horizontalkreis eine genau justierte Dosenlibelle angebracht sein.

Anstelle des Diopters, das durch die Anlegekante des Winkelmessers dargestellt wird, kann auch eine verfeinerte Zieleinrichtung, z. B. ein kleines selbstgebautes Fernrohr mit Fadenkreuz vorgesehen werden.

Beispiele für den Bau von Behelfstheodoliten findet man in [4], S. 8–9, und [5]. Mit einem solide hergestellten Behelfstheodolit kann man Meßgenauigkeiten von $0,25^\circ$ Grad erreichen.

Das ideale und universell einsetzbare Meßinstrument zur Ortsbestimmung des Amateurs ist der fabrikmäßig hergestellte **Theodolit**. Abb. 2 zeigt ein modernes Instrument des VEB Carl Zeiss, Jena. Entsprechend der erreichbaren hohen Meßgenauigkeit von $1''$ bis $10''$ sind die Anforderungen an die Genauigkeit der Aufstellung des Gerätes (auf dem Stativ oder auf einem Pfeiler) größer als bei den bisher genannten Geräten.

Ein Theodolit hat drei Achsen:

- die mit 2 Freiheitsgraden bewegliche Zielachse,
- die horizontale Kippachse, um welche das Fernrohr geschwenkt werden kann, und
- die vertikale Stehachse, um die das Oberteil des Theodolits gedreht werden kann.

An die Lage der Achsen zueinander und im Raum werden bestimmte Anforderungen gestellt. Die Justierung des Theodolits muß folgende Bedingungen erfüllen

1. Zielachse $\perp$ Kippachse
2. Kippachse $\perp$ Stehachse

Nichteinhaltung der 1. Bedingung bewirkt einen Zielachsenfehler, d. h. die Zielachse beschreibt bei Schwenkung um die Kippachse keine Ebene, sondern einen Kegel. Die Nichteinhaltung der 2. Bedingung bewirkt den Kippachsenfehler, d. h. die Zielachse beschreibt bei Schwenkung um die Kippachse keine Vertikalebene, sondern eine schräge Ebene. Die Auswirkungen dieser Instrumentalfehler auf die Messung sind bei steilen Zielungen größer als bei flachen.

Ein weiterer Instrumentalfehler des Theodolits ist der Nullpunktfehler des Höhenkreises, der sogenannte Indexfehler. Er bewirkt, daß bei einspielender Höhenkreislibelle und bei Anzeige $0^\circ 00'$ am Höhenkreis die Zielachse nicht in den Zenit bzw. Horizont weist (je nach Bezifferung des Höhenkreises).

Alle drei Fehler können durch spezielle Meßanordnungen bestimmt und danach im allgemeinen beseitigt werden. Auf diese Verfahren wird hier nicht eingegangen. Interessenten seien auf die Literatur (z. B. [3]) verwiesen. Hier genüge der Hinweis, daß man diese drei Fehler ausschalten kann, wenn man „in 2 Fernrohrlagen“ mißt. Man zielt einen Punkt an und macht die Ablesungen. Danach dreht man das Oberteil des Theodolits um die Stehachse so weit, daß sich am Horizontalkreis eine um etwa 180° veränderte Ablesung zeigt. Nun „schlägt man das Fernrohr durch“, zielt den gleichen Punkt nochmals an und notiert die Ablesungen. Das Mittel der Ablesungen in beiden Fernrohrlagen ist frei von den genannten drei Instrumentalfehlern.

Viel folgenreicher, vor allem für die Horizontalwinkelmessung mit steilen Zielungen, kann der sogenannte Stehachsenfehler, d. h. die Neigung des Horizontalkreises gegen den Horizont, bzw. die Abweichung der Stehachse von der Lotlinie sein. Dieser Fehlereinfluß ist durch eine Meßanordnung nicht eliminierbar. Es kommt darauf an, mit Hilfe einer in bezug auf die Stehachse fest am Oberteil des Theodolits angebrachten Libelle (sog. Alhidadenlibelle) die Horizontierung des Instruments sehr sorgfältig vorzunehmen. Die Blase der Libelle, meist einer Röhrenlibelle, muß bei Zielung in alle Himmelsrichtungen die gleiche Lage beibehalten. Man geht davon aus, daß der Theodolit vollständig horizontiert ist, wenn die Libelle in 2 um 90° verschiedenen Lagen des Oberteils spielt. Um schnell zum Ziel zu kommen, wird folgende Horizontier- und Prüfmethode angewendet: Die Stehachsenlibelle wird nacheinander in die Stellungen 1, 2 und 3 (s. Abb. 3) relativ zu den Fußschrauben a, b und c bzw. zu den festen Horizontalkreisrichtungen I und II gebracht. Die drei in Abb. 3 skizzierten

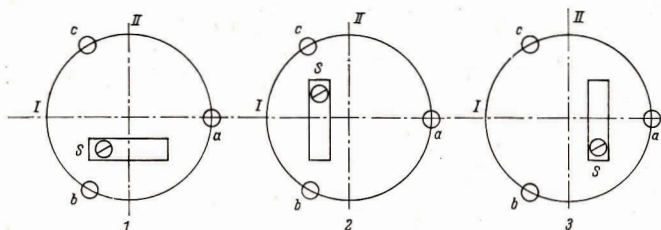


Abb. 3: Vorgang der Horizontierung des Theodolits (schematisch).

Stellungen werden durch Drehung des Theodolitoberteils in Uhrzeigerichtung erhalten. Sie haben folgende Bedeutung:

Stellung 1: Mit der Fußschraube a wird die Röhrenlibelle eingespielt, so daß der Theodolit in Richtung I optimal horizontalisiert ist.

Stellung 2: Nach Drehung des Oberteils um 90° wird die Röhrenlibelle durch Drehung der Fußschrauben b und c eingespielt, so daß die Horizontierung in Richtung II erreicht wird (b und c werden stets gegengleich gedreht).

Stellung 3 (Prüfstellung): Spielt die Libelle ein, so ist die Horizontierung beendet.

Ist das nicht der Fall, so liegt ein Libellenfehler vor, d. h. die Libellenachse bildet keinen rechten Winkel mit der Stehachse. Der halbe Libellenausschlag ist an der Justierschraube s zu beseitigen. Danach ist der Vorgang von 1 an zu wiederholen, bis die Libelle in den Richtungen I und II einspielt und damit auch in jeder beliebigen Richtung einspielen muß.

Mit dem so aufgestellten Theodolit und bei Ausführung der Messungen in 2 Fernrohrlagen kann man optimale Meßgenauigkeit bei Horizontal- und Vertikalwinkeln erreichen.

Über die Ableseeinrichtungen an den Teilkreisen soll hier nichts ausgeführt werden, da die praktisch angewendeten Varianten sehr vielfältig sind. Es sei nur gesagt, daß man folgende Arten der Kreisablesung antrifft: Strichmikroskop – Skalenmikroskop (Nonius) – Schraubenmikroskop – optisches Mikrometer. Bei modernen Theodoliten wird meist die erste oder die letzte Variante angewendet (Näheres s. [3], S. 53 – 58).

Die Beschaffung eines Theodolits ist für den Amateur nicht immer leicht. Gelegentlich gelingt der Kauf eines alten Instruments, welches der Geodät aus ökonomischen Gründen ausgesondert hat, das aber für Amateurzwecke noch sehr gute Dienste leistet. Auch die Ausleihe eines Theodolits für bestimmte Arbeiten des Amateurs dürfte bei einem Betrieb des VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie oder bei einer anderen Dienststelle mitunter möglich sein.

Für astronomische Beobachtungen haben die Theodolite Zusatzeinrichtungen: Beleuchtung, Steilsichtprisma, Busssole (Kompaßaufsatz) usw. Sind diese Einrichtungen nicht vorhanden, müssen sie vom Benutzer behelfsmäßig hergestellt werden.

3. Die Zeitanlage des Amateurs

Durch die Einrichtung regelmäßiger Zeitsignalaussendungen der Rundfunksender der DDR ist das früher schwer lösbare Problem der Realisierung einer Zeitanlage durch den Amateur wesentlich vereinfacht worden. In den meisten Fällen werden die Ansprüche an die Zeitgenauigkeit 0,5 bis 1,0 nicht übersteigen. In diesem Falle genügt es, wenn die Zeitanlage aus einer guten Armbanduhr mit Zentralsekunde als Arbeitsuhr und dem Zeitsignal eines Rundfunksenders als Stationsuhr besteht. Die Uhr soll regelmäßig aufgezogen und auch sonst wie eine Präzisionsuhr behandelt werden (Schutz vor Stößen, starken Temperaturänderungen, Staub und Feuchtigkeit). Als Empfänger eignet sich am besten ein Kofferempfänger, der direkt am Beobachtungsort aufgestellt wird.

In der Regel ist es zweckmäßig, wenn die Arbeitsuhr nach Sternzeit geht. Für diesen Zweck hat sich eine im Fachhandel preiswert angebotene Taschenuhr sowjetischer Produktion außerordentlich bewährt. Die Umregulierung von mittlerer Zeit auf Sternzeit kann, wie übrigens auch bei jeder Armbanduhr, durch einen Uhrmacher durch Verkürzung der Spirale ausgeführt werden. Die Anschaffung eines Schiffschronometers, einer Pendeluhr oder gar einer Quarzuhr kommt nur für gut ausgestattete Volks- und Schulklassen in Betracht.

Folgende Zeitsignale stehen zur Verfügung:*)

- das Kurzzeitzeichen der Sender des DDR-Rundfunks, das mehrmals am Tage in den letzten 5 Sekunden der vollen Stunde ausgestrahlt wird und

*) Vgl.: Astronomie und Raumfahrt, 1973/6, S. 161, und 1974/2, S. 58/59.

- das Kurzzeitzeichen der Sender des DDR-Rundfunks, das täglich von 6^h59^m30^s bis 7^h00^m00^s MEZ und von 12^h59^m30^s bis 13^h00^m00^s MEZ ausgestrahlt wird. Die Tonaufänge des Signals werden gesendet zu den Sekunden 30...40 (je Sekunde), 45, 50, 55, 58, 59 und 60.

Beide Signale sind für jeden Amateur zugänglich. Sie werden im System der sogenannten UTC (Koordinierte Weltzeit) ausgesendet, die sich aus der Atomzeit ableitet. Die Zeitdifferenz zwischen der Signalzeit UTC und der Weltzeit UT liegt stets unter 0,5 Sekunden, so daß die Zeitskala eines beliebigen Zeitsignals als fehlerfreie Stationsuhr angesehen werden kann.

Soll die verwendete Arbeitsuhr stets den Anforderungen der Beobachtung genügen, so muß sie regelmäßig mit dem Zeitsignal verglichen werden. Die Ergebnisse sind täglich mindestens 1mal, während der Beobachtung am besten stündlich in ein Uhrentagebuch einzutragen. Folgende Begriffe sind in diesem Zusammenhang wichtig: Uhrstand, Uhrgang und Gangschwankung.

Der Uhrstand oder die Uhrkorrektur Δu ist der Zeitbetrag, um den die Uhr zu einem Zeitpunkt vor- (-) oder nachgeht (+). Es gilt

$$\Delta u = u - u' \quad (7)$$

u : Zeitangabe des Zeitsignals, u' : Uhrablesung im gleichen Moment. Die Differenz zweier Uhrkorrekturen ist der Uhrgang g .

$$g = \frac{\Delta u_2 - \Delta u_1}{\Delta t} \quad (8)$$

Ist die Zwischenzeit $\Delta t = 24^h$, so erhält man den täglichen Gang.

Die Qualität einer Uhr wird weder durch den Uhrstand noch durch den Uhrgang, vielmehr durch die Gangschwankungen, d. h. die Änderung des Ganges g mit der Zeit bestimmt. Bei einer guten Armbanduhr sollen die Gangschwankungen über einige Wochen hinweg 10^s nicht überschreiten.

Die Uhrkorrektur einer Sternzeituhr ist

$$\Delta \theta = \theta - \theta' \quad (9)$$

Sie wird ebenfalls erhalten, indem man die Arbeitsuhr mit dem Zeitsignal vergleicht. Dazu ist es nötig, die Signalzeit u in die Ortssternzeit θ umzurechnen, damit sie mit der Sternzeituhrablesung θ' vergleichbar wird.

Folgende Bemerkungen sind von Interesse für Amateure mit hohen Anforderungen an die Zeitanlage. Eine Stations- und zugleich Arbeitsuhr höchster Genauigkeit steht in den laufend ausgestrahlten Dauerzeitsignalen DIZ (Potsdam/Nauen) 4525 kHz und OMA (Prag) 50 kHz zur Verfügung. Der Empfang dieser Signale setzt einen Spezialempfänger voraus. Den DDR-Sender DIZ kann man verhältnismäßig leicht für einen normalen Superempfänger empfangbar machen, indem man Kondensatoren parallel zum Empfangs- und Oszillatorkreis schaltet. Dadurch wird die Empfangswellenlänge von 50 m auf 70 m verändert. Auch der Langwellenbereich eines Empfängers läßt sich so verändern, daß OMA 50 kHz gehört werden kann. Dieser Umbau ist jedoch wesentlich schwieriger, da hierfür neue Spulen zu wickeln sind.

Soll die Registrierengenauigkeit der beobachteten Zeitmomente unter 0,1 Sekunden liegen, so sind Schreib- und Druckchronographen anzuwenden. Für genaueste Messungen werden elektronische Zeitintervallmesser mit Druckern angewendet. Bei so hohen Beobachtungsgenauigkeiten muß die Bestimmung des Uhrstandes mit entsprechend hoher Genauigkeit ausgeführt werden. In diesem Falle kann die erwähnte Differenz zwischen UTC und UT nicht vernachlässigt werden. Auskünfte über notwendige Korrekturen erteilt der Zeitdienst des Zentralinstituts Physik der Erde in Potsdam, Telegraphenberg.

4. Die Ortsbestimmungsverfahren des Amateurs

4.1. Verfahren der Breitenbestimmung

Nach Tabelle 1 wird die Breite am zweckmäßigsten aus Höhendurchgangsbeobachtungen im Meridian abgeleitet (Breitenbestimmung im I. Vertikal kommt für den Amateur nicht in Betracht). Für den Fall, daß $t = 0$ ist, ergibt sich die Gleichung

$$90^\circ - \varphi + z_0 = 90^\circ - \delta$$

z_0 : Zenitdistanz des kulminierenden Gestirns.

Daraus erhält man für die Breitenbestimmung im Meridian

$$\varphi = z_0 + \delta \quad (10)$$

z_0 ist wegen der Refraktion zu verbessern. Die scheinbare Deklination wird aus dem Astronomischen Jahrbuch der UdSSR entnommen. Ist die Meßgenauigkeit 1 Bogenminute oder schlechter, so genügt die mittlere Deklination δ_{1950} plus Präzessionseinfluß.

Bei der Breitenbestimmung wird man sich nicht mit der Beobachtung eines einzigen Sterns begnügen. Nach der Methode von Sterneck werden mehrere Sterne (die gleiche Anzahl nördlich und südlich des Zenits) beobachtet. Dann braucht bei Theodolitmessung jeder Stern nur in einer Fernrohrlage (im Moment der Kulmination) beobachtet zu werden, weil der Nullpunktfehler des Höhenkreises bei der Mittelung herausfällt. Die Einrichtung des Meßgerätes in den Meridian kann über ein bekanntes Azimut oder über die Kulminationszeit $\Theta_0 = \alpha$ mit einer der Höhenmessung angepaßten Genauigkeit erfolgen.

Ein anderes Verfahren der Breitenbestimmung ergibt sich aus Höhenmessungen des Polarsterns in oberer und unterer Kulmination.

$$\varphi = \frac{h_0 + h_u}{2} \quad (11)$$

Die um 12^h verschiedenen Kulminationszeiten ergeben sich aus der Rektaszension α des Polarsterns. Es gilt $\Theta_0 = \alpha$ und $\Theta_u = \alpha \pm 12^h$. Natürlich muß die Beobachtung zu beiden Zeitpunkten möglich sein.

Eine andere Möglichkeit der Breitenbestimmung ergibt sich aus der Höhenmessung des Polarsterns zur Zeit $\Theta_6 = \alpha \pm 6^h$.

Dann gilt einfach

$$\varphi = h_6 \quad (12)$$

Schließlich kann man die Höhe des Polarsterns h_p zu einer beliebigen Zeit messen und die Breite nach

$$\varphi = h_p + \text{Korrektion} \quad (13)$$

bestimmen. Die Korrektur für (13) ist aus Tabellen im Astronomischen Jahrbuch der UdSSR zu entnehmen. In jedem Falle ist die Refraktion an dem Ergebnis der Höhenmessung anzubringen.

4.2. Verfahren der Zeitbestimmung

Die in Tabelle 1 genannten Prinzipien der Zeitbestimmung sind beide für den Amateur anwendbar. Unter einer Zeitbestimmung versteht man die Ableitung einer Uhrkorrektur $\Delta\theta$ aus Gestirnsbeobachtungen. Die Sollzeit einer astronomischen Beobachtung

$$\Theta = \Theta' + \Delta\theta = \alpha + t \quad (14)$$

wird aus einer Bestimmung des Stundenwinkels t abgeleitet.

Es gilt

$$\Delta\theta = \alpha + t - \Theta' \quad (15)$$

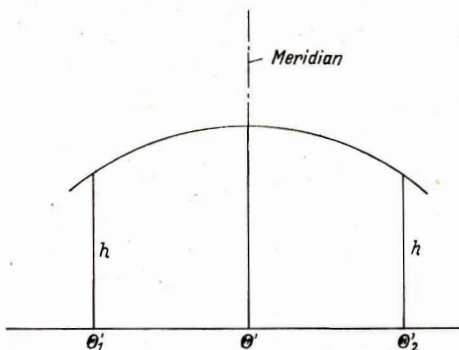


Abb. 4:
Zeitbestimmung aus korrespondierenden Sonnenhöhen

(Die Bestimmung von $\Delta\theta$ nach Formel (9) (Kapitel 3.) setzt die Kenntnis der geographischen Länge λ voraus.)

Die erste Methode der Zeitbestimmung ergibt sich aus Vertikaldurchgangsbeobachtungen im Meridian ($t = 0$). Der Fachastronom führt solche Beobachtungen mit dem Passageinstrument aus. Mit dem Theodolit liefert die Methode nur Näherungswerte der Uhrkorrektion, da die Meridianrichtung nicht genügend stabil ist. Sehr zweckmäßig ist hier der senkrechte Schattenstab einsetzbar, allerdings nur für Sonnenbeobachtungen.

Es kommt darauf an, die Uhrangabe θ' im Moment des Meridiandurchgangs zu ermitteln. Um die Unsicherheit der Instrumentenaufstellung im Meridian zu umgehen, wendet man das Verfahren der korrespondierenden Höhenmessung an (s. Abb. 4). Dabei wird θ' indirekt aus den beiden Beobachtungszeitpunkten θ'_1 und θ'_2 abgeleitet, zu denen ein Gestirn vor und nach der Kulmination die gleiche Höhe h hat.

Man erhält

$$\theta' = \frac{\theta'_1 + \theta'_2}{2} \quad (16)$$

und damit die Uhrkorrektion

$$\Delta\theta = \alpha - \theta' \quad (17)$$

Zur Steigerung der Genauigkeit kann man in verschiedenen Höhen nacheinander Messungen ausführen. Der geringste Zeitabstand von der Kulmination sollte $\pm 2^h$ nicht unterschreiten.

Die andere Variante nach Tabelle 1 verlangt Höhen- bzw. Zenitdistanzmessungen in der Nähe des ersten Vertikals (im Osten oder Westen). Dafür gilt:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \quad (18)$$

Nach (15) erhält man dann die Uhrkorrektion $\Delta\theta$. Bei Verwendung von Formel (18) muß die Breite φ bereits bekannt sein. Für die Gestirnskoordinaten α und δ gilt das in 4.1. Gesagte. Wieder wird es günstig sein, mehrere Sterne, und zwar im Osten und Westen gleich viel, zu beobachten, um im Mittel eine höhere Genauigkeit zu bekommen. Der Rechenaufwand nach Formel (18) ist relativ hoch. An z ist die Refraktion bereits angebracht worden.

Die Zeitbestimmung liefert nach (14) für einen bestimmten Zeitpunkt die Ortssternzeit

$$\theta_{\text{Ort}} = \theta'_{\text{Ort}} + \Delta\theta_{\text{Ort}}$$

Auf der anderen Seite kann man die Greenwicher Ortszeit θ_{Gr} aus einem Zeitvergleich zwischen Arbeitsuhr und Zeitzeichen erhalten, wobei die geographische Länge unbekannt ist.

Aus den beiden Zeiten θ_{Ort} und θ_{Gr} , die theoretisch für den gleichen Zeitpunkt bestimmt werden müssen, ergibt sich

$$\lambda = \theta_{\text{Ort}} - \theta_{\text{Gr}}$$

Praktisch ist die Gleichzeitigkeit der Zeitbestimmung aus Gestirnsbeobachtungen und des Zeitvergleichs mit dem Zeitsignal nicht möglich. Um den Gang der Uhr während des Beobachtungsvorganges zu eliminieren, macht man vor und nach der Zeitbestimmung einen Zeitvergleich.

4.3. Verfahren der Azimutbestimmung

Für verschiedene Zwecke braucht der Amateurastronom eine möglichst genaue Meridianrichtung. In seltenen Fällen wird ihm genau im Meridian ein für Tag- und Nachtbeobachtungen geeignetes Hilfsziel zur Verfügung stehen. Er wird deshalb das Azimut eines geeigneten Erdziels (Mire) in beliebiger Richtung bestimmen und daraus bei Bedarf durch Horizontalwinkelmessung die Lage des Meridians oder einer anderen benötigten Richtung ableiten.

Die Azimutmessung ist nur mit einem Theodolit (ev. Behelfstheodolit) auszuführen. Als Bestimmungsformel für das Azimut a wird erhalten

$$\tan a = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta} \quad (20)$$

Als vorgegebene Größen gehen in (20) die Breite φ , die Länge λ (zur Bestimmung von $\Delta\theta$) und die Deklination δ des Gestirns ein. Der Stundenwinkel t wird durch Umstellung von Formel (14) erhalten zu

$$t = \theta' + \Delta\theta - \alpha.$$

Abb. 5: Azimutbestimmung einer Mire.

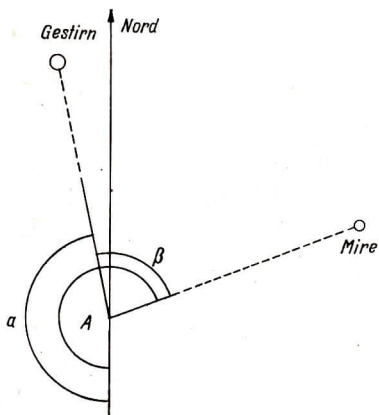
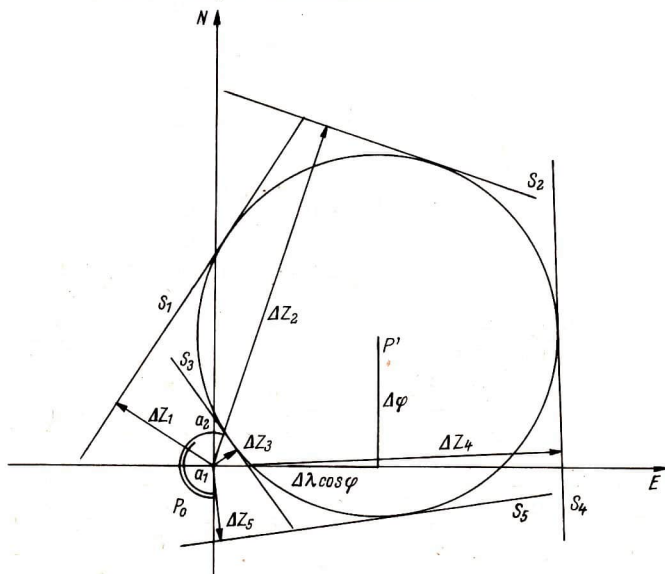


Abb. 6: Graphische Auswertung des Höhenstandlinienverfahrens.



Durch Messung des Horizontalwinkels β wird das zeitlich veränderliche Gestirnazimut α in das feste Mirenazimut A überführt. Es gilt

$$A = \alpha + \beta. \quad (21)$$

Der Meßvorgang besteht in der abwechselnden Anzielung des Gestirns und der Mire in beiden Fernrohrflagen mit dem Vertikalfaden des Fadenkreuzes. Dabei wird jedesmal der Horizontalkreis abgelesen und bei Anzielung des Gestirns auch die Zeit Θ' . Als Gestirne kommen hauptsächlich die Sonne in der Nähe des Horizonts oder der Polarstern in Frage.

Bei Sonnenbeobachtungen ist abwechselnd der rechte und der linke Sonnenrand anzuzielen oder eine Korrektur Rand - Mitte $da = -d/2 \sin z$ (d = Sonnendurchmesser) anzubringen, da die Sonnenephemeride für den Sonnenmittelpunkt gilt. Natürlich ist auch ein Sonnenblendglas zu verwenden. Die Sonnendeklination für den Beobachtungszeitpunkt ist genau, ev. mit 2 Differenzen, zu interpolieren.

Vorteile der Azimutmessung mit dem Polarstern sind: die Zeitablesung ist nur auf Minutenangabe nötig; im Astronomischen Jahrbuch der UdSSR gibt es Tafeln für das Polarsternazimut, so daß die Berechnung nach Formel (20) entfällt.

4.4. Simultane Ortsbestimmung

Wenn Breite und Länge einer Beobachtungsstation gebraucht werden, ist die Anwendung eines Simultanverfahrens zu empfehlen. Für den Amateur kommt die sogenannte **Höhenstandlinienmethode** in Betracht, bei der Höhendurchgangsbeobachtungen einiger (mindestens zweier) Sterne in verschiedenen Azimuten mit dem Theodolit ausgeführt werden. Eine graphisch-rechnerische Auswertung ergibt zugleich Länge und Breite. Nach Tabelle 1 leisten die *Sterne in der Nähe des Meridians* (Nord- und Südsterne) den Hauptbeitrag zur *Ableitung der Breite* und diejenigen *in der Nähe des 1. Vertikals* (Ost- und Weststerne) zur *Ableitung der Länge*. Das Verfahren wird seit langem in der Nautik angewendet und hat sich in den letzten Jahrzehnten bei gleichzeitiger Entwicklung von Spezialinstrumenten in vielfältiger Weise in der geodätischen Astronomie eingeführt. Zur Auswertung des Verfahrens werden Näherungskordinaten φ_0, λ_0 vorausgesetzt, die nicht mehr als 0,1 bis 0,3 Grad von den tatsächlichen Werten abweichen.

Das Höhenstandlinienverfahren beruht auf folgenden Überlegungen: Die Zenitdistanz eines Sterns kann aufgefaßt werden als Radius eines Kleinkreises. Alle Orte der Erde, für die dieser Stern im gegebenen Moment die gleiche Zenitdistanz hat, liegen auf diesem Kreis, dessen Mittelpunkt der Erdort G_1 ist, für den dieser Stern im Zenit steht. Für einen anderen Stern gibt es einen entsprechenden Kreis, dessen Mittelpunkt ein anderer Erdort G_2 ist. Beide Kleinkreise schneiden sich in zwei Orten auf der Erdoberfläche, von denen einer der gesuchte Beobachtungsort $P(\varphi, \lambda)$ ist. Die Richtungen von P nach G_1 und G_2 sind die Azimute a_1 und a_2 der beiden Sterne von P aus. Werden nur zwei Sterne beobachtet, so soll gelten $a_2 - a_1 \approx 90^\circ$. Bei Beobachtungen von n Sternen soll die Azimutdifferenz zwischen zwei benachbarten Sternen $\Delta a = 360^\circ/n$ sein.

Nach diesen prinzipiellen Vorüberlegungen soll nun die praktische Durchführung beschrieben werden. Für eine Reihe von etwa 5 Sternen seien gemessen worden: die Zenitdistanzen z_i (korrigiert wegen Refraktion), die zugehörigen Greenwicher Sternzeiten Θ_{IGr} und die genäherten Azimute a_i . Während z_i und Θ_{IGr} mit höchster Genauigkeit zu bestimmen sind, reicht für a_i 0,5 bis 1°. Von den beobachteten Sternen seien die scheinbaren Orte α_i und δ_i gegeben. Außerdem seien φ_0 und λ_0 bekannt.

Die berechneten Zenitdistanzen der beobachteten Sterne sind

$$\cos z_{0i} = \sin \varphi_0 \sin \delta_i + \cos \varphi_0 \cos \delta_i \cos t_{0i} \quad (22)$$

mit $t_{0i} = t_{IGr} - \lambda_0$, $t_{IGr} = \Theta_{IGr} - \alpha_i$, $\Theta_{IGr} = \Theta'_{IGr} + \Delta \Theta_{Gr}$.

Die Beobachtungsuhr muß also nach Greenwicher Sternzeit gehen. Zur graphischen Auswertung der Beobachtungen bildet man

$$\Delta z_i = z_{0i} - z_i \quad (23)$$

In einem Koordinatensystem mit Nullpunkt $P_0(\varphi_0, \lambda_0)$ (s. Abb. 6) zeichnet man von P_0 aus Strahlen in den Azimuten a_i gegen die Südrichtung. Auf diesen Strahlen trägt man in einem vorzugebenden Maßstab (z. B. $1' \triangleq 10$ mm) die Δz_i ab (positives Δz_i zum Stern hin, negatives Δz_i vom Stern weg). In den Endpunkten errichtet man Senkrechte zu jedem Strahl. Dies sind die Standlinien s_i . Sie stellen Abschnitte der anfangs erwähnten Kleinkreise dar, die bei der angewendeten differentiellen Methode der Auswertung durch Geraden angenähert werden können. Im Idealfall bilden (bei $n = 5$) die Standlinien ein Fünfeck, in das ein fehlerzeigender Kreis so einbeschrieben werden kann, daß die Stand-

linien Tangenten an ihn sind. Der Mittelpunkt P' des Kreises hat gegenüber P_0 die Koordinatenunterschiede $\Delta\varphi$ und $\cos\varphi \cdot \Delta\lambda$. Die endgültigen Koordinaten des Beobachtungspunktes P sind

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + \Delta\varphi \\ \lambda &= \lambda_0 + \Delta\lambda \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Bei der praktischen Anwendung wird die fehlerzeigende Figur wegen der Meßfehler von der Idealfigur abweichen. Man muß sich bemühen, den fehlerzeigenden Kreis optimal in die Standlinien einzupassen. Eventuell sind stark abweichende Sterne zu streichen.

Literatur:

[1] Kulikov, K. A., Kurs sferičeskoj astronomii (Kurs der sphärischen Astronomie). Moskau 1969. — [2] Steinfatt, W. und Uhlig, L., Leitfaden der Nautik Bd. III, Teil 1: Nautische Astronomie, Berlin 1962. — [3] Zill, W., Vermessungskunde für Bauingenieure, Leipzig 1968. — [4] Lindner, K., Beiträge zur Methodik des Astronomieunterrichts in den zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen. Bestell-Nr. 27840 — 1, Berlin 1960. — [5] Winkler, K., Lindenthaler Arbeitsgerät. Selbstbauleitung des DZL, Nr. 164 A.

Amateure beobachten und berichten

Ein Höhenstufen-Libellenastrolabium und seine Eichung

Dr. ERNST LEHMANN

Beim Selbstbau astronomischer Höhenmeßinstrumente besteht für den Amateur die Hauptschwierigkeit in der Herstellung einer genauen Kreisteilung. Ich hatte daher bei einigen meiner selbst hergestellten astronomischen Meßgeräte¹⁾ an Stelle einer Kreisteilung ein Höhenstufensystem gesetzt, dessen genaue Winkelwerte durch nachträgliche astronomische Eichungen ermittelt wurden. Unter schwierigen Beobachtungsbedingungen im Gelände kann man die Höhenstufeneinrichtung sogar als einen Vorteil ansehen, weil mit ihr Ablesefehler kaum gemacht werden können. Bei Gestirnhöhenmessungen braucht man nämlich nur die Höhenstufen zu notieren. Die genauen Winkelwerte werden erst dann der Eichtafel des Instruments entnommen, wenn die Beobachtungsergebnisse rechnerisch ausgewertet werden sollen.

Ich habe den oben erwähnten Geräten ein weiteres hinzugefügt, um auch bei windigem Wetter genauere Messungen durchführen zu können, ein Vielstufen-Libellenastrolabium.

Konstruktion des Gerätes

Das Instrument erhielt eine solche Gestalt und Anordnung seiner Teile, daß möglichst hohe Meßgenauigkeit mit leichter Handhabung und bequemer Beobachtung vereinigt wurden. Die endgültige Form dieser „technischen Entwicklung“ zeigt Abb. 1. Man erkennt auf diesem Foto die vier Hauptteile

- a) Die Grundplatte mit 10°-Libelle, Feinstellschraube und Drehzapfen,
- b) den Alhidadenträger,
- c) die Alhidade mit optischer Zieleinrichtung und elektrischer Kleinlampe,
- d) den quer zur Alhidade liegenden Haltesteg.

Zu a): Die Grundplatte besteht aus Pertinax 10 mm. Sie hat eine Länge von 250 und eine Breite von 50 mm. Sie wurde so schmal gehalten, um das Gerät in einer Aktentasche unterbringen zu können. Der an ihrer Unterseite zu befestigende Zapfen paßt mit etwas Luft in die zentrale Bohrung des Stativtellers. Er verhindert das Abgleiten des Instruments und dient als Drehachse für die Azimutnachführung.

Zu b): Senkrecht zur Grundplatte steht der Alhidadenträger. Er ist eine 5fach verleimte Sperrholzplatte von 6 mm Dicke, die auf der Rückseite durch zwei zueinander senkrecht stehende Holzrippen besonders versteift ist. Die Vorderfläche dieser Platte dient als Auflagefläche für die 4 mm-Pertinaxplatte der Alhidade.

¹⁾ „Die Sterne“, Jahrgang 46, Heft 3, 1970, S. 109–119.

Abb. 1, rechts:

Höhenstufen-Libellenastrolabium in der Ausrüstung für Sternbeobachtungen. Grundplatte mit Libelle, Einstellschraube und schneidenförmiger Kippachse an der Unterseite. Alhidadenträger mit Höhenstufenangaben zu beiden Seiten und an der Frontfläche des Kreishogens. Alhidade mit Fernrohroptik, Reflexschirm zur Gesichtsfeldaufhellung und Sternsucher mit Höhenmarkierung bei Sterndurchgang. Niedervoltlampe zur Beleuchtung von Libelle, Reflexschirm und Sternsucherindex.

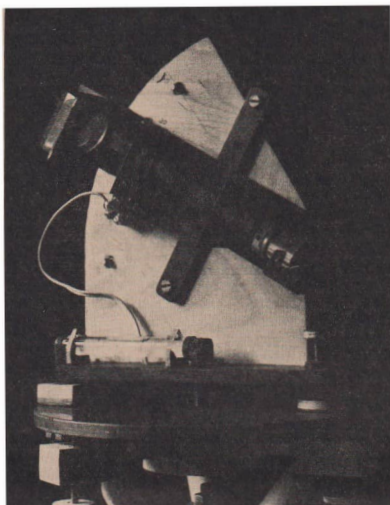
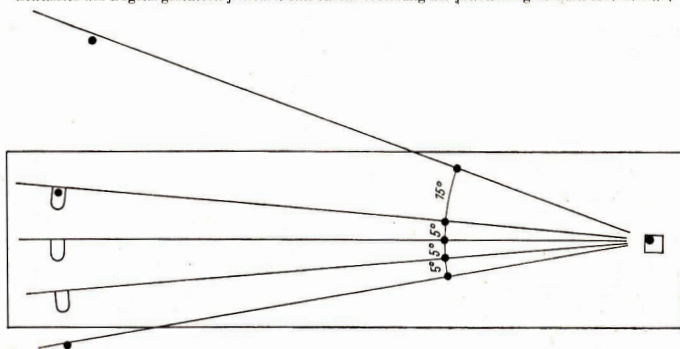


Abb. 2, unten:

Das Prinzip der Höhenstufung (Aufriß). Die Grundplatte der Alhidade besitzt vier Anschlaglöcher, ein quadratisches und drei U-förmige. Im Alhidadenträger verankerte zylindrische Stifte im Kontakt mit den ebenen Anschlagflächen dieser Löcher ergeben eine praktisch unveränderliche Abstufung der Höhenwinkel in Stufen von je etwa 5° .

Zu c): Eine Anzahl von zylindrischen Stiften im Alhidadenträger und von besonders geformten Löchern in der Alhidadengrundplatte bilden zusammen ein festes Anschlagssystem, das unveränderliche Höhenwinkel in Stufen von je (etwa) 5° garantiert. Abb. 2, in der die wahren Verhältnisse etwas übertrieben dargestellt sind, soll das Prinzip der Höhenstufeneinrichtung erläutern.

Fünf zylindrische Anschlagstifte mit je 15° Winkelabstand am bogenförmigen Rande des Alhidadenträgers arbeiten zusammen mit drei U-förmigen Anschlaglöchern in der Alhidadengrundplatte mit je 5° Abstand. Dadurch ergeben sich 12 Höhenstufen von je 5° . Der zylindrische Stift im quadratischen Anschlagloch ist als Drehachse der Alhidade anzusehen. Er muß bei Messungen an der oberen und linken Seitenfläche dieses Loches anliegen. Höhenstufenangaben zu beiden Seiten und an der Stirnseite des Bogens gestatten jederzeit eine rasche Ablesung der jeweils eingestellten Höhenstufe.



Die Alhidadengrundplatte ist mit zwei Schichten 6-mm-Sperrholz und einer starken Mittelrippe aus Holz so gut versteift, daß auch nach einigen Jahren keine schädlichen Verformungen bemerkbar wurden. Die Alhidade trägt die gesamte optische Einrichtung für die jeweiligen Erfordernisse: Fernrohr optik von 22facher Vergrößerung mit Strichkreuz, ein Sonnenschutzglas und einen Sonnensucher oder einen Sternsucher und eine Strichkreuzbeleuchtung für nächtliche Beobachtungen.

Das von einer Sperrholzfassung getragene Objektiv ist ein zweilinsiger Achromat von 200 mm Brennweite und 40 mm Durchmesser. Es ist unmittelbar auf der Alhidadengrundplatte befestigt, einige Zentimeter vom Ende entfernt. Das kurzbreitweitige Okular mit Strichkreuz ist in einen Metallzylinder gefaßt und verschiebbar auf einer prismatischen Auflage angeordnet, die auf der Längsrippe der Alhidade befestigt ist.

An dem über das Okular hinausragenden Ende der Mittelrippe läßt sich ein kurzer Arm anbringen, der zwei nebeneinander angeordnete Spiegelchen trägt: den Okularspiegel für die Fernrohr optik und den Umlenkspiegel für den Sternsucher. Letzterer ist eine einfache Dioptervorrichtung. Der Sonnensucher arbeitet nach dem Prinzip der Lochkamera.

Die an der Alhidade angebrachte Lampe für Batteriebetrieb hat nicht nur die Aufhellung des Gesichtsfeldes bei nächtlichen Beobachtungen zu bewirken, sondern soll außerdem die Libelle, den Sternsucher und — gegebenenfalls — die Beobachtungsuhr hinreichend beleuchten.

Zu d): Daß die Alhidade während einer Messung am Alhidadenträger anliegt, wird durch den Haltesteg erreicht, dessen Enden durch Schrauben und Muttern, unter Anwendung von Abstandscheiben passender Stärke, mit dem Alhidadenträger fest verbunden werden.

Schließlich sei noch einer Zusatzeinrichtung gedacht, die aus Abb. 1 zwar nicht erkennbar ist, die sich aber als sehr notwendig erwies. Es ist dies die Azimutfeineinstellung. Diese Einrichtung ist nicht nur deshalb zu empfehlen, um das jeweils beobachtete Gestirn stets möglichst nahe dem Vertikalstrich passieren zu lassen, sondern vor allem, um auszuschließen, was beim freihändigen Nachführen des Instruments unvermeidbar ist, daß sich nämlich drehende Kräfte auf den Stativteller und somit auf das Stativ auswirken. Bei Anwendung der Azimutnachstellung ist das Auftreten schädlicher Drehmomente nicht möglich. Nach einigen Fehlschlägen erwies sich die in Abb. 3 dargestellte Anordnung als einwandfrei. Die Führung für die Azimutschraube ist unmittelbar am Stativteller befestigt. Durch Drehen der Schraube wirken Schubkräfte über eine Schiebeleiste auf die Unterlegscheibe unter der Instrumentenschraube. Mittels dreier Schiebeleisten unterschiedlicher Länge wird es möglich, Azimutnachführungen von etwa 45° zu überbrücken, ohne die Azimutschraube an einer anderen Stelle des Tellerandes anbringen zu müssen. Ein Zurückdrehen der Schraube ist bei Leistenwechsel natürlich nicht zu umgehen.

Schraube und Schiebeleiste arbeiten „auf Anzug“, d. h., die Druckfläche in der Kerbe ist etwas abgeschrägt, so daß beim Drehen der Schraube die Leiste gleichzeitig nach unten gedrückt wird und sich nicht etwa vom Teller abhebt. Das Gleiche gilt für das andere Ende der Leiste, in diesem Falle mit der Absicht, die Schubkraft auf die unterste Schicht der Unterlegscheibe wirken zu lassen.

An Stelle zweier Füße an der Unterseite des Instrumentengrundplatte ist an deren vorderer Schmalkante nur ein Fuß in Form einer Schneide angebracht, der die ganze Breite der Grundplatte einnimmt und die Kippachse des Instruments beim Einspielen der Libelle darstellt. Für diese Schneide ist eine Unterlegscheibe von rechteckiger Form vorgesehen. Man könnte nun die Azimutnachführung auch auf diese wirken lassen, wird es aber im allgemeinen bequemer finden, wie oben beschrieben, mit der rechten Hand die Nachführschraube zu bedienen.

Ablauf einer Sternbeobachtung

Nachdem das Stativ auf einer hinreichend festen Unterlage (Steinplatten, Pflaster, Asphalt, gemauerter Sockel, Fensterbank) aufgestellt ist, wird der Stativteller mit einer 10''- oder 20''-Libelle sorgfältig horizontalisiert, der Zentrierzapfen durch die zentrale Bohrung des Tellers gesteckt und die beiden Unterlegscheiben für das Instrument untergeschoben.

Die Einstellung der Alhidade auf eine gewünschte Höhenstufe geht nun in der Weise vor sich, daß man die beiden Befestigungsmuttern des Haltesteges zurückschraubt, die beiden Schrauben nach vorn durchstößt, mit der linken Hand das linke Ende, mit der rechten Hand das rechte Ende der Alhidade faßt, diese nach vorn zieht und dann die Neigung so verändert, daß das richtige Anschlagloch auf den entsprechenden Anschlagstift geschoben werden kann, was nach etwas Übung leicht gelingt. Dann wird mit der linken Hand die Alhidade gegen die Hinterwand gedrückt, während man mit der rechten Hand die beiden Muttern wieder anzieht. Zwischen dem Haltesteg und der Alhidadengrundplatte soll gerade so viel Luft sein, daß die Alhidade infolge ihres Gewichtes sich von selbst mit den Anschlagflächen der Löcher auf die Anschlagstifte aufsetzt. Bei Benutzung der größeren Höhenstufen legt sich gleichzeitig die linke Anschlagfläche des quadratischen Loches gegen ihren Stift. In den niederen Höhenstufen, etwa zwischen 0° und 20°, muß man sich durch seitliches Hinundher-

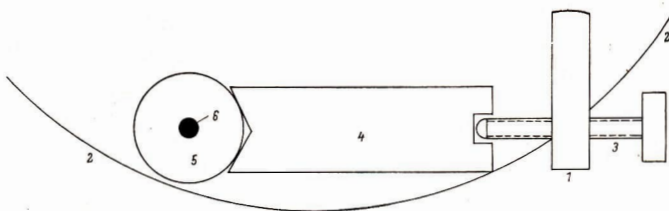


Abb. 3:

Die Azimutnachführung im Grundriß. Die mittels Schraubzwinge 1 am Stativteller 2 festgeklemmte Feinstellvorrichtung mit der Schraube 3 überträgt die auf diese einwirkende Kraft über eine Schiebeleiste 4 auf die Unterlegscheibe 5 für die Instrumentenklipschraube 6 und bewirkt damit eine Drehung des Meßinstruments um den Zentrierzapfen.

schieben davon überzeugen, ob der Kontakt auch wirklich vorhanden ist. Man hört dann einen leichten Schlag gegen die Anschlagflächen.

Wir stellen zunächst eine kleine Höhenstufe ein, um ein markantes, fernes irdisches Objekt, etwa eine Kirchturmspitze ins Gesichtsfeld zu bringen, betätigen nötigenfalls die Neigungsschraube, um das Objekt mit dem Horizontalstrich im Okular zur Deckung zu bringen, und stellen parallaxenfrei ein. Jetzt wird die Azimuteinrichtung am Stativteller angebracht und die Azimutfeinstellschraube gedreht. Wandert hierbei das angezielte Objekt genau auf dem Strich entlang, dann liegt dieser, wie gewünscht, horizontal. Andernfalls muß das Okular verdreht werden. Diese Justierarbeiten sind einmalig und werden naturgemäß noch bei Tageslicht ausgeführt.

Für die nun folgende Sternearbeit ist die Niedervoltlampe der Alhidade über einen kleinen Lichtschalter und Regulierwiderstand an eine Schwachstromquelle (Akku, Trockenbatterie oder Klingeltransformator) anzuschließen. Am besten wurde schon beim Bau des Gerätes von der Lampe ein kurzes Kabel durch eine Bohrung in der Grundplatte geführt und mit zwei Steckbuchsen versehen. Von hier aus wird dann die Verbindung mit der Stromquelle hergestellt, die etwa unter dem Stativ angehängt oder aufgestellt wird. Schließlich ist noch der weiße Reflektorstreifen für die Strichkreuzbeleuchtung und der Sternsucher an der Objektivfassung zu befestigen.

Nach Beendigung dieser Vorarbeiten kann der Durchgangsmoment eines Sterns durch eine beliebige Höhenstufe ermittelt werden. Hat man hierzu einen bestimmten Stern ins Auge gefaßt und ihn identifiziert, wird seine Höhe mit einem einfachen und leichten Pendelastrolabium freihändig auf etwa $0^{\circ}5$ genau ermittelt, woraus man ersieht, welche Höhenstufe am Libelleninstrument einzustellen ist. Bei aufsteigendem Gestirn wird man die nächsthöhere, bei Abstieg die nächstniedere Höhenstufe wählen, falls der Stern nicht unmittelbar vor Erreichung dieser Höhe steht. Der Nennwert der gewählten Höhenstufe wird im Beobachtungsprotokoll vermerkt. Ist nun die Alhidade dementsprechend eingestellt und auf einwandfreien Anschlag geachtet worden, wird das Instrument nach Augenmaß in das richtige Azimut gebracht. Ergibt die Beobachtung im Sternsucherspiegel, daß sich der Stern dicht neben der (beleuchteten) Sternsucherkante an der Objektivfassung befindet, dann ist das Gerät im richtigen Azimut, und man kann nunmehr die Azimutfeinstellschraube rechts vom Instrument am Stativteller befestigen. Sobald der Stern im Sucher hinter besagter Kante verschwindet, wird die Azimutschraube weiter gedreht, bis er wieder sichtbar ist. Es empfiehlt sich, hiernach eine kurze Rückwärtsdrehung zu machen, so daß nun keine Kraft mehr auf die Schiebeleiste wirkt. Wurde der Stern in dieser Weise an der Kante entlang bis in die Nähe der Markierung verfolgt, dann erscheint er im Gesichtsfeld des Fernrohrs in vielfacher Helligkeit, in welchem man ihn nun in der Nähe des Vertikalstrichs weiter laufen läßt.

Jetzt ist es notwendig, sorgfältig auf genaues Einspielen der Libellenblase zu achten. Steht das Beobachtungsgerät auf einem kurzbeinigen Stativ im offenen Fenster, ist es u. U. schwierig oder unmöglich, die Libellenblase zu beobachten. Abhilfe bringt ein schmales Spiegeltchen, das, an einem L-förmigen Träger befestigt und mit einem kleinen Gewichtsstück belastet, auf den Stativteller neben die Libelle gesetzt wird. Es läßt sich so drehen, daß der Beobachter die Blase schräg von oben und von der Seite sehen kann.

Im Moment des Sterndurchgangs durch den Horizontalstrich beginne ich, fünf Sekunden zu zählen: „Einundzwanzig — ... — Fünfundzwanzig — Stopp“. Diese Zeitspanne reicht aus, um den Sekunden-

zeiger einer gut beleuchteten Armbanduhr, Taschenuhr oder Wanduhr ins Auge zu fassen und bei „Stopp“ abzulesen. Zuerst notiert man die Sekunden. Dann erst liest man die Minute und die Stunde ab und notiert diese.

Unmittelbar anschließend wird die Lufttemperatur in Celsiusgraden und der am Beobachtungsorte herrschende Luftdruck in Millimetern Quecksilbersäule gemessen und aufgeschrieben. Auch sollte man nicht versäumen, beim nächsten Zeitzeichen seine Beobachtungsuhr zu vergleichen.

Eichung der Höhenstufen

Den durch obige Beobachtung gewonnenen Zeitpunkt kann man bereits für die Eichung der betreffenden Höhenstufe heranziehen. Will man den Stern auch für die folgende Stufe benutzen, so hat man in unseren Breiten mehr als eine halbe Stunde Zeit, die Alhidadenhöhe zu verändern und andere Arbeiten durchzuführen. Sind nun in gleicher Weise die Durchgangszeiten für alle vorkommenden Höhenstufen ermittelt worden, wird man zu anderer Zeit und an anderen Sternen Kontrollmessungen machen. Prinzipiell ist es gleichgültig, ob eine zweite Messung sofort eingeschoben oder erst nach längerer Zeit an demselben oder einem anderen Stern durchgeführt wird.

Wer Beobachtungsergebnisse für Eichzwecke zusammentragen will, wähle hierfür Nächte mit ruhiger Luft. Das bedeutet nicht etwa Windstille, sondern Luft ohne Schlieren. Luftschlieren erkennt man nachts am starken Flimmern der Fixsterne, das sich im Fernrohr durch rasche Schwingungsbewegungen und Verzerrungen der Sternabbildungen auswirkt. Eine gewisse Windstärke hingegen kann schädliche optische Eigenschaften der Luft u. U. vermindern oder auslöschen.

Auf Grund der gegebenen geographischen Größen des Beobachtungsortes und der aus dem Nautischen Jahrbuch zu entnehmenden astronomischen Daten ist man in der Lage auszurechnen, in welcher „Höhe“ (= Höhenwinkel) sich der Stern im Beobachtungszeitpunkt am Beobachtungsorte befand. Man benutzt hierzu die Gleichung

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \tau \quad (1)$$

Hieraus ergibt sich die Sternhöhe h . Dieser Höhenwert gilt für eine atmosphärelose Erde. Da wir aber mit unseren Instrumenten durch die Lufthülle hindurch beobachten, müssen wir deren Einfluß berücksichtigen. Es scheint nämlich der beobachtete Stern infolge der atmosphärischen Refraktion um einen Winkelbetrag gehoben zu sein, der von BESSEL durch die Gleichung

$$R = 21 \cdot \tan(90^\circ - h') \cdot \frac{B}{273 + t} \text{ Bogensekunden} \quad (2)$$

gegeben wurde. Hierin bedeutet h' die scheinbare, gemessene Sternhöhe, t die Lufttemperatur in Celsiusgraden, B den Barometerstand in mm Hg zur Zeit der Beobachtung am Beobachtungsorte. Rechnet man obige Gleichung auf Dezimalteile des Grades um, erhält man

$$R = \cot h' \cdot \frac{B}{273 + t} 0^{\circ}0058333 \quad (3)$$

Der bei der betreffenden Höhenstufe des Meßinstrumentes anzuschreibende Winkelwert in Gradmaß ist also gegeben durch die Gleichung

$$h' = h + R \quad (4)$$

oder, nach h aufgelöst und den Koeffizienten von $\cot h'$ kurzweg als „Faktor“ bezeichnet,

$$h = h' - \cot h' \cdot \text{Faktor} \quad (5)$$

In dieser Gleichung sind die Zahlenwerte für die linke Seite und den Faktor gegeben, und für einen bestimmten, nämlich den gesuchten Winkelwert h' , wird (5) zur identischen Gleichung. Man kann diesen Wert durch einmaliges probieren finden, wenn man gemäß Gleichung (4) für R schon einen Näherungswert einsetzt, etwa die „Mittlere Refraktion“. In der folgenden Zusammenstellung gebe ich mittlere Refraktionswerte an, die für die Eichung des Astrolabiums in Betracht kommen:

Höhenstufe	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Mittlere Refraktion	0,163	0,088	0,059	0,044	0,034	0,028
Höhenstufe	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Mittlere Refraktion	0,023	0,019	0,016	0,013	0,011	0,009

Man wird finden, daß mit diesen nach (4) berechneten Näherungswerten von h' in (5) keine Identität zu erzielen ist, weil der Wert der rechten Seite anders ausfällt als der linke. Man bildet die Differenz beider Seiten und substrahiert diese von dem obigen Wert von h' , wenn der Wert der rechten Seite größer ist. Im umgekehrten Falle addiert man ihn. Der sich hierdurch ergebende zweite Näherungswert für h' ist hinreichend genau. Man kann sich davon überzeugen, indem man diesen Wert in (5) einsetzt.

Das Verfahren zur Bestimmung von h' wenden wir bei jeder Höhenstufe auf die Ergebnisse zweier Sternbeobachtungen an und bilden hiervon den Mittelwert, den wir als Eichwert in die Eich-tabelle für das Astrolabium eintragen.

Um zu zeigen, welcher Genauigkeitsgrad bei Messungen mit diesem Instrument zu erwarten ist, gebe ich in der folgenden Zeile, mit Höhenstufe 15° beginnend, für jede Stufe die Differenz „Eichwert I minus Eichwert II“ (Absolutwerte):

0°0009 0°0015 0°0038 0°0029 0°0021 0°0028 0°0014 0°0016 0°0009 0°0026.

Die zeitlichen Unterschiede zwischen den Messungen I und II betragen in allen Fällen einige Tage bis einige Wochen.

Es empfiehlt sich, neben der Eich-tabelle der Mittelwerte eine zweite Tabelle mit den Einzelwerten bis zur vierten Dezimalen anzulegen, falls man beabsichtigt, bei künftigen Ortsbestimmungen die Meßwerte gleichzeitig zur nachträglichen Verbesserung der bisherigen Eich-tabelle zu benutzen. Bei den hier folgenden Ortsbestimmungen war dieses Verfahren allerdings noch nicht angewandt worden.

Genauigkeit von Ortsbestimmungen

Es wurden zehn „Chronometerhöhen“ an Fixsternen und Jupiter bei unterschiedlichsten Azimuten und unter Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck am Beobachtungsorte durchgeführt. Aus diesen Einzelbeobachtungen ließen sich drei Gruppen zu je drei Sternen so kombinieren, daß deren Azimutalabstände innerhalb der selbstgewählten Toleranz von $120^\circ \pm 250^\circ$ lagen.

Für die zeichnerische Auswertung dieser Ergebnisse nahm ich den Mittelpunkt eines Zeichenblattes A 4 als Bildpunkt meines Beobachtungsortes an, zog durch diesen eine Nord-Süd- und eine Ost-West-Linie und schlug um den Kreuzungspunkt ein System konzentrischer Kreise mit gegenseitigem Abstand von 11,1 mm. Dieser entspricht auf der Erdoberfläche einem Bogen von $0^{\circ}001$, wenn man einen Kartenmaßstab 1:10000 zugrundelegen will. In dieses Kreissystem zeichnete ich die berechneten Azimute der zehn Sterne sowie ihre Leitpunkte (Schnittpunkte der Azimutstrahlen und ihrer Standlinien), deren Abstand und Lage zum Kreismittelpunkt durch die Differenz $h' - h$ gegeben ist.

Nun wurde ein transparentes Zeichenblatt mit der bisherigen Zeichnung mit Klebeband vorübergehend fest verbunden. Die Grundblattzeichnung wurde jetzt ergänzt durch die drei Standlinien der ersten Sterngruppe, und im so entstandenen „Fehlerdreieck“ konnte der Inkreismittelpunkt als „wahrscheinlicher Beobachtungsort“ gefunden werden. Seine Abstände von den beiden Koordinatenachsen in Zentimetern gemessen, ergeben die Ortsbestimmungsfehler in Länge und Breite, wobei 1 cm der Zeichnung 100 Metern im Gelände entspricht. Für jede Ortsbestimmung wurde ein besonderes Transparentblatt vorgesehen. Die Ergebnisse sind folgende:

Ortsbestimmung Nr.	Fehler in Länge	Fehler in Breite
1	140 m	160 m
2	220 m	580 m
3	230 m	110 m
Mittelwerte	197 m	283 m

Berichtigung

In Heft 3/74 muß die Bildunterschrift auf S. IV lauten: Die Kuppel des 2-m-Teleskops des Observatoriums in Schemacha. Ein Teil der rund 1800 Besucher vom IAF-Kongreß in Baku, die an einer gänztägigen Exkursion nach diesem Observatorium teilnahmen, begibt sich zum Hauptinstrument.

Das Unternehmen Salut 3 / Sojus 14

KARL-HEINZ NEUMANN

Die Vorgänger von Salut 3 waren die Stationen Salut 1 und 2. Salut 1 erreichte am 19. 4. 1971 ihre Umlaufbahn. Nach einer ersten Ankopplung des Raumschiffes Sojus 10, welche nur der Überprüfung der Systeme dieser Station von Bord des Transportraumschiffes aus diente, koppelte Sojus 11 am 6. 6. 1971, um 5.55 Uhr MEZ an diese Station an. Die Kosmonauten Dobrowolski, Wolkow und Pazajew arbeiteten 24 Tage an Bord dieser ersten bemannten Raumstation. Nach der Einleitung ihrer Rückkehr zur Erde fanden die drei Kosmonauten durch ein Leckwerden ihrer Kommandokabine den Tod.

Die Raumstation Salut 1 hatte eine Masse von 18.900 kg und besaß eine Länge von 23 Metern; der Durchmesser der größten Sektion dieser Station betrug 4,15 Meter. 16 Meter war die Spannweite über die Solarzellenflächen (vier am vorderen und hinteren Teil der Station starr angebracht). Nach der Kopplung mit Sojus 11 mit 6.700 kg Masse betrug die Gesamtmasse 25.600 kg. Die Station Salut 1 besaß rd. 100 m³ Rauminhalt, Sojus 9 m³. Salut 2 war nur relativ kurze Zeit unbemannt zu Tests in der Erdumlaufbahn.

Von Salut 3, gestartet am 25. 6. 1974, sind folgende Einzelheiten bekannt: Der Hauptkörper der Station unterscheidet sich in seinen Dimensionen (und wahrscheinlich auch in der Masse) sowie in der Grundfiguration des äußeren Aufbaus — mit Ausnahme der Anbringung der Solarzellenflächen — nicht von Salut 1. Der wesentlichste Unterschied besteht in der Anbringung der Solarzellenflächen. Es sind hier drei große Flächen, die am mittleren Teil der Raumstation jeweils im Winkel von 90 Grad zueinander angebracht sind. Alle drei Flächen sind um ihre Längsachse 180 Grad drehbar. Mit dieser Neuerung wurde erreicht, daß bei jeder beliebigen Lage, die beispielsweise die Erdbeobachtungen erfordern, das Raumschiff durch entsprechende Bewegung der Solarzellenflächen in der einen beweglichen Achse eine Lage inne hat, die eine volle Ausleuchtung aller drei Flächen und damit das Maximum an Elektroenergiegewinnung während des Fluges im Sonnenlicht garantiert.

Auch im Aufbau der einzelnen Sektionen dieser Raumstation gab es gegenüber Salut 1 einige grundsätzliche Unterschiede. Bei Salut 1 war die größte Sektion (Durchmesser 4,15 Meter) der Wohn- und Aufenthaltsraum der Kosmonauten. Hier befanden sich auch die Anlagen für die sportliche Betätigung. Bei Salut 3 dient dieser Raum allen wissenschaftlichen Untersuchungen und Experimenten. Von hier aus machten die Kosmonauten ihre verschiedenen Erdbeobachtungen, hier führten sie einen Teil der medizinisch-biologischen Experimente durch, und auch eine Reihe von technischen Experimenten erfolgten in diesem Arbeitsraum. Durch einen konischen Sektor war dieser größte Raum mit der mittleren Sektion verbunden. In dieser Übergangssektion war das zentrale Steuerpult angebracht. Bei Salut 1 befand es sich in der Übergangssektion vom zweiten zum dritten Raum.

Der zweite Raum, der einen Außendurchmesser von etwa 3 Metern hatte, diente jetzt als Aufenthaltsraum der Kosmonauten. An der Wand befanden sich zwei Liegen, von denen eine hochgeklappt werden konnte. In diesem mittleren Raum konnten die Kosmonauten ihre Mahlzeiten bereiten und einnehmen. Hier war auch die Bordbibliothek untergebracht sowie ein normales Radiogerät zum Empfang irdischer Rundfunksender, außerdem ein Teil der Geräte für sportliche Übungen (z. B. das sogenannte Laufband für körperliches Training). Wandschränke beherbergten Nahrungsmittelvorräte und Wasser. Gleichfalls hatte ein Teil der medizinischen Geräte für bestimmte Untersuchungen in diesem Raum seinen Platz. Im anschließenden vorderen Raum finden wir neben Beobachtungsbullaugen wiederum Geräte für das körperliche Training. Im vorderen Teil dieses dritten Raumes, der einen Außendurchmesser von etwa 2,15 Metern hat, ist eine Luftschleuse zum Umstieg sowie davor der passive Kopplungsstutzen angeordnet.

Es deutet alles darauf hin, daß zum Transport von Kosmonauten zur Raumstation und zurück die veränderte Variante des Sojus-Raumschiffes eingesetzt wurde. Diese Variante besitzt keine Solarzellenflächen. Die elektrische Energieversorgung erfolgt hier durch chemische Stromquellen. Ihre Kapazität reicht aus, um den Strombedarf des Transportraumschiffes für drei Tage zu sichern. Da die ständig auf die Sonne ausgerichteten Solarzellenflächen von Salut 3 eine relativ große Energiekapazität besitzen, ist es möglich, die Batterien des Transportraumschiffes wenn nötig neu aufzuladen. Der Verzicht auf Solarzellenflächen bei dieser Variante des Sojus-Raumschiffes erhöht die mögliche Nutzmasse, die z. B. für einen vergrößerten Treibstoffvorrat des Bahnkorrekturtriebwerkes verwendet werden kann.

Bei diesem veränderten Typ des Sojus-Raumschiffes fand ein neues Navigationssystem erstmalig Anwendung. Dieses System arbeitet nach dem Prinzip der Astronavigation. Als Fixpunkte werden die Sonne sowie zwei helle Planeten genutzt. Je nach dem vom Raumschiff aus sichtbaren Himmelsabschnitt können die beiden Planeten ausgewählt werden. Dieses neue System soll auch bei dem für 1975 vorgesehenen Unternehmen Sojus/Apollo Anwendung finden.

Neu in der Raumstation Salut 3 ist auch ein sogenanntes Rundsichtgerät. Es ist nach dem Prinzip eines U-Boot-Periskops aufgebaut. Die Kosmonauten waren dadurch in der Lage, die Antennen, die Solarzellenflächen und andere außen angebrachte Elemente und Meßwertgeber zu beobachten. Dabei wurde gleichzeitig das jeweilige Bild als Fernsehbild zur Erde übertragen. Mit diesem Rundsichtgerät konnten die Kosmonauten auch Sternbeobachtungen ausführen. Dergleichen erfolgten die Erdbeobachtungen und vor allem die des Dämmerungshorizontes über dieses Gerät. Diese Beobachtungen wurden mit hohem Auflösungsvermögen gleichzeitig fernsehtechnisch zur Erde übertragen.

Interessant ist, daß dieses Rundsichtgerät auch eingesetzt werden kann, wenn sich keine Kosmonauten an Bord befinden. Die Steuerung der Bewegung dieser periskopähnlichen Apparatur kann auch durch Kommandos von der Erde aus erfolgen. Damit läßt sich die Raumstation auch während ihrer unbemannten Phasen für die verschiedensten Beobachtungsmöglichkeiten nutzen. Ein derartiges Rundsichtgerät ist erstmalig in einer Raumstation eingesetzt worden. Die maximale Brennweite (sie ist variabel) soll rd. 10 Meter betragen. Salut 3 ist also auch während der unbemannten Phase ein von der Erde aus zu steuerndes astronomisches und geophysikalisches Observatorium.

Auch bei früheren Raumflugunternehmen, bekannt von den Flügen sowjetischer Planetensonnen, wurde bereits die Methode des Einsatzes eines zweiten Gerätes auf der Erde angewandt. Von Salut 3 ist bekannt, daß ein gleichartiger Raumflugkörper auf der Erde vorhanden ist. Vor dem Flug wurde in diesem „Simulator“ das gesamte 15tägige Unternehmen durchgespielt. Dabei ließen sich wertvolle Erkenntnisse über die maximale Variante des Arbeitsprogramms erzielen.

Während des Unternehmens Salut 3/Sojus 14 wurde dieser Simulator, der in seinem Aufbau identisch mit der tatsächlichen Station Salut 3 ist, ebenfalls in Betrieb gehalten. Ständig befand sich eine zweiköpfige Besatzung, die aus Testingenieuren bestand, an Bord dieses Salut-3-Imitators. Der Unterschied bestand nur darin, daß mehrere Besatzungen in 12stündigen Schichten nacheinander arbeiteten. Diese Testingenieure waren auf den Flug in Salut 3 genauso gut vorbereitet wie die gestartete Besatzung.

Sollte z. B. den Kosmonauten ein zusätzlicher Auftrag erteilt werden, so wurde dieser erst von der „irdischen“ Besatzung durchgeführt. Danach konnte man entscheiden, ob die gewählte Variation des Programms optimal ist und die beste Kombination darstellt. Um nur ein Beispiel zu nennen, sei erwähnt, daß Pawel Popowitsch den Bodenstationen gemeldet hatte, daß er im Schlaf gefroren habe. Der Grund dafür war ein Ventilator, der in der Nähe seiner Liege angebracht war. Er fragte an, ob er den Ventilator ausschalten könne. Daraufhin bekam die irdische Besatzung den Auftrag, den Ventilator auszuschalten. In der irdischen Salut-Station wurde der Wärmehaushalt der Station analysiert, und es stellte sich heraus, daß ein Ausschalten dieses Ventilators während der achtstündigen Schlafperiode diesen nicht wesentlich beeinflusst. Daraufhin konnte der die Erde umkreisenden Besatzung die Genehmigung zum Ausschalten des Ventilators erteilt werden.

Auch bezüglich der Strahlungssituation ergab sich bei diesem Raumflug ein unerwartetes Ereignis. Obwohl bis zum Start die Sonne ständig überwacht worden war und nichts auf eine Verstärkung ihrer Aktivität hindeutete, traten völlig unerwartet in der Zeit vom 4. bis 10. Juli eine Reihe von Sonneneruptionen auf, die die Intensität der solaren kosmischen Strahlung wesentlich erhöhten. Die Kosmonauten mußten deshalb angewiesen werden, bedeutend häufiger als vorgesehen die Dosimeter abzulesen. Es zeigte sich aber, daß die Strahlungsintensität innerhalb des Raumschiffes Sojus und danach in der Raumstation Salut nur unwesentlich zugenommen hatte. Der Strahlenschutz, den die Raumschiffkonstruktion bot, erwies sich als ausreichend.

Der Arbeitsablauf an Bord der Raumstation erfolgte im dreimal Achtstundenrhythmus. Acht Stunden dauerte die Schlafperiode, acht Stunden wurden für wissenschaftliche Arbeiten aufgewendet und abermals acht Stunden für gymnastische Übungen, Eintragungen in die Bordbücher, Entspannung sowie „Reinigung“ der Raumstation.

Der zeitliche Ablauf des Unternehmens Salut3/Sojus 14 ist anschließend tabellenähnlich zusammengestellt. Hier findet man auch Angaben über einzelne wissenschaftlich-technische und medizinisch-biologische Arbeiten der Kosmonauten in drei Komplexen:

1. erdbezogene Beobachtungen für geografische, geologische und meteorologische bzw. hydrologische Untersuchungen;
2. medizinisch-biologische Untersuchungen, die vor allem weitere Erkenntnisse über den Einfluß der Schwerelosigkeit auf den Menschen brachten. Weiterentwickelte und neuentwickelte Methoden kamen hier zum Einsatz.
3. Wissenschaftlich-technische Experimente, bei denen auch die neu entwickelten bzw. verbesserten Apparaturen sowie Meß- und Beobachtungsgeräte der Station Salut 3 und zum Teil auch des Raumschiffes Sojus 14 im Einsatz erprobt wurden.

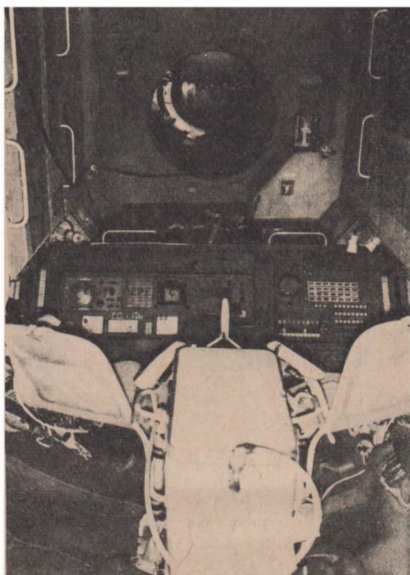
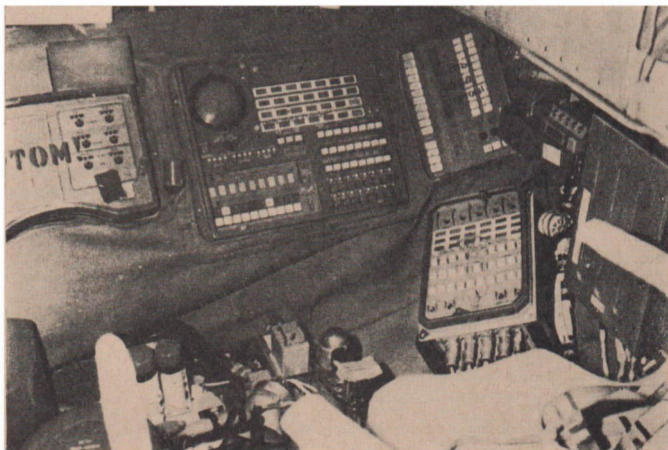


Abb. 3, links:

Das zentrale Kommandopult der Raumstation. Es handelt sich um das Kommandopult von Salut 1, das von Salut 3 wird ähnlich aufgebaut sein. Links befindet sich der Sitz des Kommandanten und rechts der des Bordingenieurs. Auf dem Kommandopult ist ganz links der Miniaturglobus zu erkennen, auf dem jeweils der Subsatellitenpunkt der Raumstation angezeigt wird. Fast in der Mitte befindet sich ein kleiner Fernsehbildschirm, der zur Beobachtung der außen angebrachten Elemente der Station dient.

Abb. 4, unten:

Der rechte Teil des zentralen Kommandopults mit dem Sitz des Bordingenieurs. Zahlreiche Bedienungselemente sowie der Bildschirm eines Oszillographen sind zu sehen. Rechts unten ist der Bordcomputer angebracht.



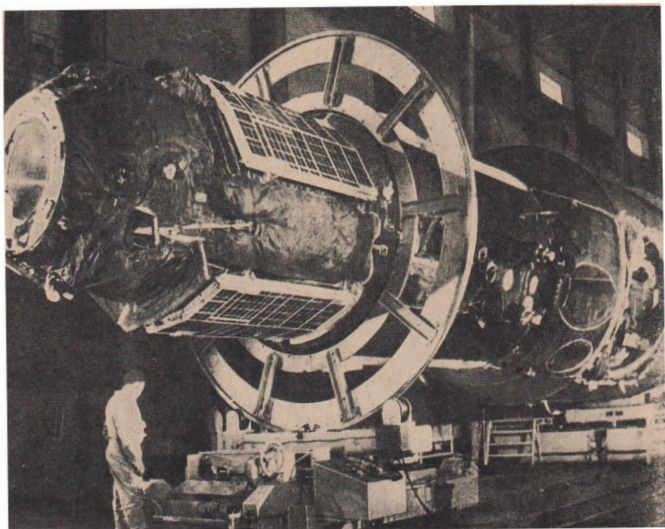
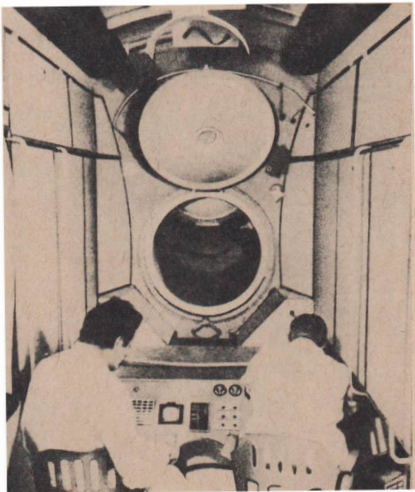


Abb. 1, oben:

Raumstation Salut 1 in der Montagehalle; vorn der Kopplungsstutzen. Die Außenfläche der Station ist hier noch mit einem Stoffüberzug versehen. Man erkennt die um den vorderen Konus herumgelegten Solarzellenflächen. Der Ring zwischen der ersten und der zweiten Sektion dient nur zur Drehung der Raumstation um ihre Längsachse für Montagearbeiten. Am rechten Bildrand der etwas über 4 Meter Durchmesser reichende Hauptteil der Station. In einem kreisförmigen Ausschnitt sind die Führer der Meßinstrumente zu sehen.

Abb. 2, rechts:

Montagearbeiten im Inneren der Station. Die beiden Techniker arbeiten hier an einem Kommandopult, welches dem zentralen Kommandopult gegenüber in der mittleren Sektion angebracht ist. Man sieht die Luke, mit der diese Sektion vakuumdicht gegen die anderen Sektionen abgeschlossen werden kann.



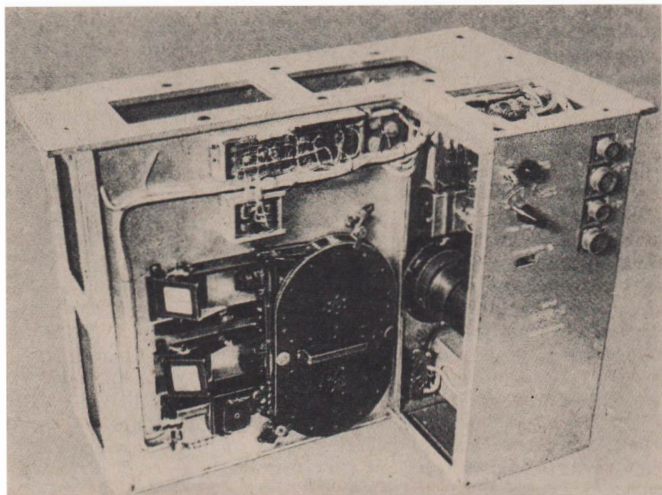
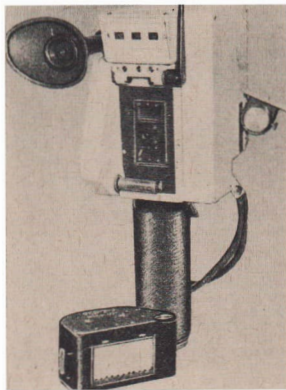
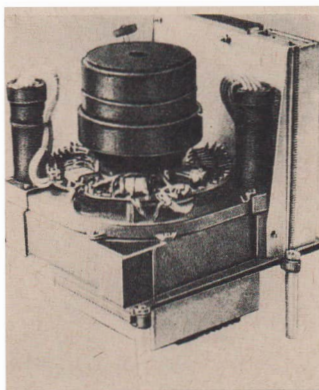


Abb. 5, oben: Das Gammastrahlungsteleskop „Anna II“: es arbeitet nach dem Prinzip eines Tscherenkowzählers. Die Registrierung der Szintillationen erfolgt a: von zwei Szintillationsplatten auf elektronischem Wege, b: mittels zweier Filmapparaturen, die über davor angebrachte Spiegel die Lichtimpulse, welche durch die Gammaquanten in den beiden Szintillationseinheiten erzeugt werden, auf Film festhalten.

Abb. 6, unten links: Ein Tscherenkowteleskop für die Registrierung der Partikel der galaktischen und solaren kosmischen Strahlung.

Abb. 7, unten rechts: Das Spektralfotometer, welches zur Beobachtung und filmtechnischen Aufzeichnung des Dämmerungs- und Tageshorizontes diente.



Zeitlicher Ablauf

1974	WZ	
Juni 25		Start der Raumstation Salut 3. Bahnelemente der Anfangsbahn: $P = 89,1$ min; $i = 51,6$ Grad, $h_p = 219$ km; $h_a = 270$ km.
Juni 25 bis Juli 5		Unbemannte Flugphase, Erprobung und Untersuchung der Funktionstüchtigkeit aller Bordsysteme von der Erde aus.
Juli 3	18.51	Start von Sojus 14. Kommandant Oberst Pawel Popowitsch, Bordingenieur Oberstleutnant Juri Artjuchin.
Juli 4	morgens	Bahnkorrektur von Sojus 14. Elemente der angehobenen Flugbahn: $P = 89,8$ min; $i = 51,6$ Grad, $h_p = 255$ km; $h_a = 277$ km. Abstand zu Salut 3, die sich in einer ähnlichen Flugbahn befand; linear 3500 km.
Juli 4	2.30–12.40	Sojus 14 außerhalb des Funksichthorizonts der UdSSR; 8stündige Schlafzeit der Kosmonauten, sowie Freizeitbeschäftigung. Kontrolle und Überwachung des Raumschiffes automatisch und durch Funkverbindungsschiffe auf den Ozeanen.
Juli 4	13.00	Sojus 14 beendet 13. Umlauf um die Erde.
Juli 4	23.30	Ankopplung von Sojus 14 an Salut 3.
Juli 5	1.00	Umsteigen der Besatzung und Beginn der Arbeiten durch Aktivierung der Systeme der Raumstation.
Juli 5	14.00	Vollendung der 10. Erdumkreisung nach der Kopplung.
Juli 6		2. Arbeitstag in der Station, weitere Entkonservierung der Systeme der Raumstation und Konservierung der Systeme von Sojus 14.
Juli 7		3. Arbeitstag. Hauptaufgaben: verschiedenartige medizinische Untersuchungen und erstes Training auf dem Laufband der Station.
Juli 7	22.00	Ende des 3. Arbeitstages. Kosmonauten begeben sich zur Ruhe.
Juli 8		4. Arbeitstag. Messung der Polarisation des von der Erdoberfläche und der Atmosphäre reflektierten Sonnenlichtes. Erste Fernsehendung von Bord der Station. Die Kosmonauten stellten den Innenaufbau sowie die technisch-wissenschaftlichen und medizinischen Geräte und Apparaturen der Raumstation vor.
Juli 9		5. Arbeitstag. Hauptaufgabe: technische Experimente. Weiterentwickelte Systeme und wissenschaftliche Geräte der Station erprobt, z. B. Einsatz des Außenrundsichtgerätes. Prüfung verbesserter Methoden der Funkverbindung sowie der Bordatmosphäre in den verschiedenen Sektionen der Station.
Juli 9	10.00	73. bemannte Erdumkreisung der Raumstation.
Juli 9	23.00	Ende des 5. Arbeitstages mit Ruhezeit der Kosmonauten.
Juli 10	6.40	Beginn des 6. Arbeitstages. Kontrolluntersuchungen der Lunge. Erdbeobachtungen mit Untersuchung der Atmosphäre.
Juli 11		Beginn des 7. Arbeitstages. Hauptaufgaben: Spektraluntersuchungen der Erdatmosphäre, Bestimmung des Vertikalprofils der Helligkeit des Dämmerungs- und Tageshorizontes. Aus diesen Vertikalprofilen läßt sich Lage und Intensität von Gas- und Staubaerosolkonzentrationen in der Atmosphäre feststellen. Tests mit vervollkommenen Lebenserhaltungssystemen, einer neuen Wasserregenerierungsanlage und einem neuen Temperaturregelungssystem.
Juli 12		8. Arbeitstag. Weiterer Einsatz des Spektrografen RSS-2, mit dessen Hilfe Spektrogramme des Erdhorizonts auf Bild aufgezeichnet wurden. Geografische Beobachtungen und Foto-Aufnahmen ausgewählter Gebiete des Territoriums der Sowjetunion, vor allem Mittelasiens. Messung der Polarisation des reflektierten Sonnenlichtes sowie erneute Erprobung des Systems der Handsteuerung.
Juli 13		9. Arbeitstag. Abschluß der Experimente des gezielten Lastentransports im Zustand der Schwerelosigkeit. Erd- und Atmosphärenuntersuchungen fortgeführt.
Juli 14		10. Arbeitstag. Hauptaufgaben: geomorphologische und geologische Beobachtungen und Aufnahmen über den Ebenen Mittelasiens und des Pamir. Anwendung der Methode der Multispektralfotografie zur Suche von Bodenschätzen. Beobachtung von Gletscherbewegungen, Feststellung des Versalzungsgrades des Bodens in bestimmten Gebieten. Spezialaufnahmen für meteorologische Zwecke.
Juli 15		11. Arbeitstag. Fotografie von Tälern und Bergmassiven des sowjetischen Mittelasiens, geografische Aufnahmen ausgewählter Küstenstreifen des östlichen Teils der Küste des Kaspischen Meeres. Diese Aufnahmen dienen der Feststellung des realen Küstenverlaufs, der sich durch Versandung ständig verändert. Kosmonauten begaben sich in ihr Transportraumschiff Sojus 14. Dort Überprüfung aller Systeme auf ihre Funktionstüchtigkeit mit Handsteuerung von Sojus 14 und Untersuchung der Leistungsfähigkeit eines neuen Navigationssystems, bei dem die Sonne und zwei Planeten als Orientierungspunkte Verwendung fanden.
Juli 16	10.40	Ende des 11. Arbeitstages.
Juli 17		12. Arbeitstag. Aufnahme verschiedener Gebiete des Territoriums der Sowjetunion mit Hilfe der Multispektralfotografie. Gewinnung weiteren Materials für

die geologische Auswertung. Fortsetzung der Experimente mit den verbesserten Systemen der Lebenserhaltungsanlage. Wolkenaufnahmen über dem Atlantik zur Unterstützung des internationalen Unternehmens „Tropex 74“.

Juli 18

13. Arbeitstag. Überprüfung der Kopplungsvorrichtungen, der Steuerungssysteme, der autonomen Elektroenergieversorgungsanlage an Bord von Sojus 14, der Bremssysteme und anderer wichtiger Systeme des Transportraumschiffes. Überbringung von Film- und Fotomaterialien, Tonbandaufzeichnungen, Bordtagebuch sowie verschiedener medizinischer Proben in die Kommandokabine von Sojus 14. Ferner Experimente mit verschiedenen Anzeigegeäten auf ihre Vibrationsfestigkeit. Nachweis von Störungen und Ungenauigkeiten bei Vibrationsbelastungen dieser feinmechanischen Geräte im Zustand der Schwerelosigkeit. Prüfung der Arbeitsfähigkeit der Besatzung durch starke Belastung an den Trainingsgeräten.

Juli 19

14. Arbeitstag. Abschluß der Vorbereitungen für die Rückkehr zur Erde in der Kommandokabine von Sojus 14.

Juli 19

9.03

Abkopplung von Sojus 14 von der Raumstation Salut 3. Beginn der zweiten unbemannten Flugphase von Salut 3. Von diesem Zeitpunkt an Steuerung der Raumstation durch die Bodenleitstellen. Ein automatisches System der Raumstation Salut 3 wieder in Betrieb genommen.

Juli 19

12.21

Kommandokabine von Sojus 14 mit den Kosmonauten landet 140 km südöstlich von Dscheskagan (Kasachstan). Landeort nur 2 km vom vorausberechneten entfernt. Medizinische Untersuchungen nach der Landung: beide Kosmonauten haben den Raumflug bei bester Gesundheit absolviert.

Nachruf für OMR Dr. Karl Sigmund

Am 27. August 1974 verstarb plötzlich unser Bundesfreund Obermedizinalrat Dr. Karl Sigmund. Seit 1958 war er Mitglied der Fachgruppe Astronomie in Dresden. Obwohl er schon viele Jahre in Kamenz wohnte, hat er weiter regelmäßig in der Fachgruppe mitgearbeitet. Durch seine vielseitige Betätigung als Astroamateur ist er weit bekannt geworden. In zahlreichen Vorträgen, Veröffentlichungen und in seinen Diskussionsbeiträgen innerhalb der Fachgruppe und bei zentralen Veranstaltungen hat er seine umfangreichen Kenntnisse in der Astronomie, der Mathematik und der Kulturgeschichte wissenschaftlich exakt und doch allgemein verständlich weitergegeben. Auch sein hohes medizinisches Wissen bezog er geschickt darin mit ein.

Wir werden unseren Dr. Sigmund als liebenswürdigen Menschen und Sternfreund stets in achtungsvoller Erinnerung behalten.

Im Namen der Fachgruppe Astronomie, Dresden
H.-J. Blasberg



Wir haben in unserem langjährigen Redaktionsmitglied OMR Dr. Karl Sigmund einen Freund der Sterne und der Menschen verloren, in dessen humanistische Grundhaltung und Bildung beide eingeschlossen waren. Uns war er immer ein guter Ratgeber in der Wahrung und für die Entwicklung der amateurastronomischen Belange in unserer Zeitschrift, desgleichen auch ein steter Anreger zur Wahrnehmung der philosophischen Konsequenzen astronomischen Forschens in der Wissensvermittlung. Trotz seiner seit langem beeinträchtigten Gesundheit hat er der Mitarbeit in unserem Kollektiv die Treue gehalten. Er verließ uns unerwartet im 56. Lebensjahr. Wir werden ihn sehr vermissen, seiner jedoch oft gedenken.

Redaktion „Astronomie und Raumfahrt“

ASTRONOMIE UND RAUMFAHRT

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1973 – 1974

Redaktion

Herbert Pfaffe, Berlin (Chefredakteur): Astronautik

Prof. Dr. Johannes Hoppe, Jena

Dr. Siegfried Marx, Jena: Astronomie

OMR Dr. Karl Sigmund, Kamenz (†)

OL Heinz Albert, Crimmitschau: Amateure beobachten und berichten

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. 4 22 97 44/45

„Astronomie und Raumfahrt“ erscheint zweimonatlich. Einzelheft 1,50 M, Jahresbezugspreis 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 erdnaheer Raum Mond Planeten Kleinkörper: Planetoiden, Kometen, Meteorite Sonne Sterne Galaxien Kosmogonie, Kosmologie, Wissenschaftsgeschichte Instrumente Amateure beobachten und berichten Beobachtungsanleitungen Astronomieunterricht und Arbeitsgemeinschaften Verschiedenes Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie
ASTRONAUTIK:	Berichte und Informationen Satellitenbeobachtung, technische Probleme Politische und ökonomische Fragen der Raumfahrt, Weltraumrecht 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 erdnaheer Raum

Solare Erscheinungen im August 1972, mit 5 Abbildungen im Text (Olm, J.)	1973	4	103
Ermittlung einiger Bahnelemente der Erde aus Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers (Berthold, Th.; Nollan, A.)	1974	1	12
Zusammenstöße der Erde mit Kometen (L)	1974	1	29
Projekt CYCLOPS (I)	1974	2	64
Verglühendes Objekt beobachtet (L)	1974	2	3. US
Leuchtende Nachtwolken (Hoppe, J.)	1974	3	65

Mond

Informationen über den Mond (Surkow, J.-L.)	1973	4	123
Die orange-rote Mondbodenprobe (L)	1973	4	124
Die Reflexionsfähigkeit des Mondes (L)	1973	4	124
Staubatmosphäre und magnetische Feldstärken auf dem Mond (L)	1973	4	125
Die mechanischen Eigenschaften des Mondbodens (Leonowitsch, A. und Schwarzew, W.-L.)	1973	4	4. US
Neuere Ergebnisse der Monduntersuchungen durch Lunochod 2 (Neumann, K.-H.)	1974	2	44
Mondbodenproben in der DDR untersucht (L)	1974	2	4. US
Ergebnis der Untersuchung von Mondgesteinsproben durch sowjetische Geochemiker (L)	1974	3	96

Planeten und ihre Monde

Von der Areographie zur „Marsgeologie“ (Dorschner, J.) — mit Marskarte im Text	1973	2	33
Wie entstand der Saturnring? (L)	1973	2	57
Gibt es einen Transpluto? (L)	1973	2	57
Titan und seine Atmosphäre (L)	1973	2	57
Bedeckung von β Sco durch Jo? (L)	1973	2	58
Jupitertemperaturkarte (I)	1973	2	3. US
Ergebnisse von „Venus 8“ (I)	1973	2	3. US
Extraterrestrische Uranusbeobachtungen (L)	1973	4	121
Untersuchungen an Monden im Planetensystem (L)	1973	4	122
Radarvermessungen des Saturn (I)	1973	5	4. US
Die Venus, ein Spektrumsvariabler (L)	1973	6	191
Jupitermondschatten (L)	1974	2	63
Pioneer 10 stellte Jupiter-Magnetosphäre fest (L)	1974	2	4. US
Gedanken zur weiteren Erforschung der Venus (Moskalenko, G. L.)	1974	3	94
„Pioneer 10“-Ergebnisse vom Jupiter (L)	1974	4	3. US
Untere Venusatmosphäre optisch dick	1974	4	3. US
Gibt es jenseits der Plutobahn noch Planeten? (Hoppe, J.)	1974	5	131
Bewegung von 3 Jupitermonden neu berechnet	1974	5	160
Neues vom Merkur (L)	1974	6	3. US

Kleinkörper: Planetoiden, Kometen, Meteorite

Beobachtungsgrundlagen für den Kometen „Kohoutek“ = Komet 1973 f (Marx, S.)	1973	6	163
„Meteoriten-Export“ aus Heidelberg (L)	1973	6	192
Kometen als Mitglieder unseres Sonnensystems (Hoppe, J.)	1974	1	1
Zusammenstöße der Erde mit Kometen (L)	1974	1	29
Alter des Sichte-Alin-Meteoriten	1974	1	32
Beobachtung des detonierenden Boliden vom 4. 10. 73 und Auswertung (Mosch, J.)	1974	3	83
Wasser im Kometen „Kohoutek“ (L)	1974	4	4 US
Der Meteoritenfall am 4. 10. 1973 im Bezirk Erfurt (Hoppe, G.)	1974	5	144
Können Kometen durch Raumflugkörper erforscht werden? (L)	1974	5	158
Kinematographie von Kometen?	1974	5	4 US

Sonne

Wie wird die Sonnenenergie erzeugt? (Kotscharow, G.; — L.)	1973	1	3 US
Solare Erscheinungen im August 1972 (Olm, J.)	1973	4	103

Sterne

Radiosterne (Friedemann, Chr.) mit 5 Abbildungen	1973	4	97
Die Spektren der Sterne (Pfau, W.)	1973	5	129
Hier entstehen Sterne (Wenzel, W.)	1973	5	140
Sirius nur ein Zweifach-System (L)	1973	6	190
Schwarze Löcher im Kosmos (L)	1974	1	4 US
Herkuls X1 = HZ Herkuls (L)	1974	2	63
Erste Ergebnisse von „Orion 2“ (Gursadjan, G.)	1974	3	92
Neue Supernova entdeckt (L)	1974	3	94
Schwarze Löcher und Gravitationsstrahlung (Reiche, J.)	1974	5	136

Galaxien

Kohlenmonoxid nun erstmals extragalaktisch entdeckt (L)	1973	2	58
Einige Probleme der extragalaktischen Astronomie (L)	1973	4	120
Neue Maximalwerte kosmischer Rotverschiebung gemessen (L)	1973	6	190
X-ogen — weiter ein Rätsel (L)	1973	6	191
Forschungen in Bjarakan (L)	1974	1	31
Quasar OH 471 16,7 Milliarden Lichtjahre entfernt (L)	1974	1	4 US
Neuere Forschungsarbeiten mit dem 2-m-Universalteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg (L)	1974	2	62
Neue Objekte im Andromedanebel (L)	1974	3	94
100 blaue Galaxien entdeckt (L)	1974	3	96
Objekt QP-172 entferntester Himmelskörper? (L)	1974	5	4 US

Kosmogonie, Kosmologie, Wissenschaftsgeschichte

Nicolaus Copernicus und sein Verhältnis zur antiken Astronomie (Herrmann, D. B.)	1973	1	2
Die Astrophysik — eine evolutionäre Wissenschaft (Ambarzumjan, W. — L.)	1973	1	16
Sternentstehung im Kern des Milchstraßensystems? (L)	1973	4	122
Sternwartengründungsgesetz (L)	1973	4	123
Hier entstehen Sterne (Wenzel, W.)	1973	5	140
Eine Welt aus Materie. Kants „Allgemeine Naturgeschichte“ — der Beginn des Entwicklungsgedankens in der neueren Astronomie (Herrmann, D. B.)	1974	2	33
Frühphase der Astrophysik (L)	1974	2	63
Der kosmische Staub und seine Rolle bei der Sternentstehung (Dorschner, J.)	1974	4	112
Gravitationswellen — ja oder nein? (L)	1974	4	4 US
Materiebrücke zwischen dem Milchstraßensystem und den Magellanschen Wolken? (L)	1974	6	3 US

Instrumente

Eine Dunkelfeldbeleuchtung für den Amateur (Häußler, Kl.) 3 Abbildungen im Text	1973	2	49
Bestimmung der Leistung eines selbstgebaute astronomischen Fernrohrs (Künzel, W.) 3 Abbildungen	1973	2	51
Ein ungewöhnliches Fernrohr	1973	3	95
Automatische Kamera für Astrogeodäsie (L)	1973	4	4 US
Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulferrnrohres 63/840 vom VEB Carl Zeiss Jena (Niemz, H.)	1973	6	166
Ein Fernrohr zum Selbstbau (Germer, K.)	1974	1	18
GALAXY-Gerät zur Auswertung von Himmelsaufnahmen (Schieltke, R.)	1974	1	29
Eine Helffeldbeleuchtung für den Amateur (Prell, J.)	1974	2	54
Einfache Triebwerkmontierung für Kleinfernrohre mit relativ hoher Genauigkeit der Nachführung (Eilzer, E.)	1974	2	57
Neuere Forschungsarbeiten mit dem 2-m-Universalspiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg (L)	1974	2	62
Eine elektronische Nachführung für astronomische Fernrohre und Kameras (Busch, H.; Hermsdorf, H.)	1974	3	79
Beschreibung einer Schmidt-Kamera (Lenz, H.)	1974	4	122
Ein Höhenstufen-Libellenastrolabium und seine Eichung mit 3 Abb. (Lehmann, E.)	1974	6	174

Amateure beobachten und berichten

Merkur im Großstadtdunst (Bedau, D.)	1973	1	8
Interessante Meteorerscheinung (Rogsch, U.)	1973	3	95
Jugendliche bauten eine astronomische Beobachtungsstation mit Newton-Spiegelteleskop (Freydank, G. und Schulz, J.)	1973	4	113
Sonnenflecken auf der nördlichen und auf der südlichen Hemisphäre (Schulze, W.)	1973	4	114
Jupiterbeobachtungen 1972 (Mosch, J.)	1973	4	115
Meine Veränderlichenbeobachtungen 1970–1972 (Böhme, D.)	1973	4	118
Auswertung der Venusbeobachtungen 1972 (Sause, G. und Mosch, J.)	1973	5	142
Helles Meteor beobachtet (Häußler, Kl.)	1974	1	18
Untersuchungen über den Einfluß der Sonnenaktivität auf die Bahnen künstlicher Erdsatelliten (Paul, W. u. a.)	1974	2	48
Beobachtung des Perseidenstromes (Urbanski, H.)	1974	2	54
Beobachtung des detonierenden Boliden vom 4. 10. 73 und Auswertung (Mosch, J.)	1974	3	83
Helle Meteorerscheinung am 20. 3. 1974 (Bräunig, R.)	1974	3	89
Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 11. 12. 73 und am 3. 3. 74 (Löser/Otto)	1974	4	125
„Kohoutek 1973“ im Feldstecher (Piltzner, E.)	1974	4	125
Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974 (Blasberg, H.-J.)	1974	5	148
Saturnbedeckung durch den Mond (FG Astronomie Crinmitschau)	1974	5	148
Beobachtung der Saturnbedeckung durch den Mond am 3. März 1973 (Böhme, D.)	1974	5	149
Erfahrungen bei Mond- und Planetenaufnahmen mit einfachen Mitteln (Prell, J.)	1974	5	149

Beobachtungsanleitungen

Bestimmung des wahren Monddurchmessers und der mittleren Bahnexzentrizität des Mondes mit amateurastronomischen Mitteln (Graß, Chr.)	1973	1	10
dto. (Diskussionsbeitrag; Schulz, J.)	1973	6	169
Physikalische Grundlagen der Spektroskopie (Marx, S.)	1973	3	65
Die helleren Saturnmonde im 2. Halbjahr 1973 (Ahmert, P.)	1973	3	72
Graphische Bestimmung des Mondvorübergangs an den Planeten (Lenz, H.)	1973	3	92
Tafeln der Planetensichtbarkeit. Eine Variante (Naumann, E.)	1973	3	94
Zur Größenklassifikation der Sonnenflecke (Schulze, W.)	1973	4	3. US
Saturnbedeckung durch den Mond 1973	1973	5	157
Zeitbestimmung durch den Amateur (Pfau, W.)	1973	6	161
Beobachtungsgrundlagen für den Kometen „Kohoutek“ = Komet 1973 f (Marx, S.)	1973	6	163
Sonneberger Dreifarbenfotografie (I.)	1973	6	191
Planetensichtbarkeit 1974 (Albert, H.)	1973	6	3. US
Zur Beobachtung des Kometen „Kohoutek“ bis Mai 74 (Marx, S.)	1974	1	3
Konstellationen und Ereignisse am Sternhimmel 1974 (Marx, S.)	1974	1	4
Ermittlung einiger Bahnenelemente der Erde aus Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers (Berthold, Th. und Nollau, A.)	1974	1	12
Grundlagen der sphärischen Astronomie I mit 4 Abb. (Steinert, K.-G.)	1974	4	103
dto. II mit 6 Abb.	1974	6	163

Astronomieunterricht und Arbeitsgemeinschaften

Kolloquium zu Fragen der Methodik des Astronomieunterrichtes (Albert, H.)	1973	2	60
10 Jahre Kosmonautenzentrum Karl-Marx-Stadt (I)	1974	3	90

Verschiedenes

Zum neuen Jahrgang (Lindner, Kl.)	1973	1	1
Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1963 bis 1972	1973	3	73
Astronomische Beiträge der „Jenauer Rundschau“, Heft 7/72 (I)	1973	4	122
Beispielhafte Kooperation (Zenkert, A.)	1973	6	171
Ein Nestor der Astronomie. Prof. Dr. phil. nat. habil. H. Lambrecht wurde 65 Jahre	1973	6	192
Zum 70. Geburtstag von A. Hockauf	1974	1	32
Revolutionierende Entdeckungen in Astronomie und Astrophysik zu erwarten (I)	1974	1	4. US
25 Jahre astronomische Forschung in der DDR (Marx, S.)	1974	5	129
Der „Chef“ von Bjurakan (I)	1974	5	159
Sonnenphysikalisches Observatorium in Debrecen übergeben (I)	1974	5	160
Erste jugoslawische Satelliten-Bodenstation übergeben (I)	1974	5	160
Sternbedeckungen durch Planeten werden bibliographiert	1974	5	4. US
Berichtigung zu Heft 3/74	1974	6	179
Nachruf für OMR Dr. Karl Sigmund mit 1 Abb.	1974	6	186
Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1973 und 1974	1974	6	187

Mitteilungen des Zentralen Fachausschusses Astronomie

Die Arbeit des ZFA und seiner Fachgruppen zwischen dem VII. und VIII. Bundeskongreß	1973	1	17
Die Fachgruppen des BFA in Magdeburg (Eschenhagen, G.)	1973	2	58
„Arbeitskreis Veränderliche Sterne im Kulturbund der DDR“ (Busch, H.)	1973	2	59
Fachgruppenleitertagung und COPERNICUS-Ehrung des ZFA (Radler, K.)	1973	3	95
Preisträger im COPERNICUS-Jugendwettbewerb	1973	4	113
dto.	1973	5	156

Arbeitskreis „Veränderliche Sterne“ (Busch, H.)	1974	1	27
Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Erfurt (Priem, A.)	1974	1	27
Die Fachgruppen Astronomie im Bezirk Halle (Kockel, K.)	1974	1	28
COPERNICUS-Ausstellung in Oebisfelde	1974	1	28
Beobachterseminar „Photometrie“ in Apolda (Radler, K.)	1974	2	60
10 Jahre astronomische AG „Bruno H. Bürgel“ Potsdam (Zenkert, A.)	1974	2	60
Aus dem Arbeitsplan 1974 des ZFA Astronomie	1974	2	62
Von Radebeul bis Magdeburg. Aus der Arbeit des ZFA Astronomie zwischen dem 20. und 25. Jahrestag der DDR (Lindner, K.)	1974	5	152
Beispiele von der Tätigkeit der astronomischen Fachgruppen des Kulturbundes der DDR (Hockauf, A.)	1974	5	153
10 Jahre Volk- und Schulsternwarte Eilenburg	1974	5	156
Bezirkstagung „Jes BFA Halle/Saale (Tschachmann, K.)	1974	5	157
Astronomische Arbeitsgemeinschaft des VEB Carl Zeiss Jena (Wolf, H.)	1974	5	157

ASTRONAUTIK

Berichte und Informationen

Bericht über den XXIII. Kongreß der IAF in Wien, 9. – 14. Oktober 1972 (K. H.)	1973	1	28
Einfache Bodenstation für Satellitendirektempfang (I)	1973	2	58
Navigationssatellitensystem für die Schifffahrt (I)	1973	2	3. US
Die Internationale Astronautische Föderation (IAF) – Aufbau, Ziele und Aktivitäten (Hollax, E.)	1973	4	125
VR China schließt sich Intelsat an (L)	1973	6	4. US
Japanische Nachrichtensatelliten-Projekte (I)	1974	1	30
Französisches Raketenprojekt L-3-S (I)	1974	1	31
Projekt CYCLOPS (I)	1974	2	64
Experimentalsatellit für westeuropäisches Fernmeldesatellitensystem (I)	1974	2	64
Englischer Testsatellit (I)	1974	2	64
10 Jahre Kosmonautenzentrum Karl-Marx-Stadt (I)	1974	3	90
Intelsat V	1974	3	96
Mission Mariner 10 (Neumann, K. H.)	1974	4	119
XXIV. Internationaler Astronautischer Kongreß (Hollax/Neumann/Pfaffe)	1974	4	126
Die DDR im „Interkosmos“-Programm (L)	1974	5	158
Können Kometen durch Raumflugkörper erforscht werden? (L)	1974	5	158
25 Jahre DDR – 15 Jahre Astronautische Gesellschaft der DDR (Pfaffe, H.)	1974	6	161
Das Unternehmen Salut 3/Sojus 14 mit 6 Abb. (Neumann, K.-H.)	1974	6	180

Satellitenbeobachtung, technische Probleme

Abfallverarbeitungsanlage für Raumschiffe (I)	1973	1	3. US
Technische Details des westdeutsch-französischen Nachrichtensatellitensystems „Symphonie“ (Neumann, K.-H.)	1973	3	89
Systematik der Flugbahnen von der Erde zum Mond, Teil 1, 7 Abb. (Hantzsche, E.)	1973	4	107
dto., Teil 2, 6 Abb.	1973	5	133
Probleme der Zuverlässigkeit von Raumfahrtgerät (Sachse, M.)	1973	6	172
Fernsehdirekttempfang von Satelliten (Neumann, H. D.)	1973	6	184
Skylab-Störungen werden untersucht (L)	1973	6	191
„Acrosat“-Satellitensystem für die Luftfahrt (L)	1973	6	4. US
Intelsat IV A (I)	1973	6	4. US
Venussondenprojekt NASA-ESRO (L)	1974	1	28
Solarzellen sind noch entwicklungsfähig (L)	1974	1	30
Projekt eines Fernseh-Direkttempfangssatelliten für die BRD (L)	1974	4	4. US
ANS – ein astronomischer Satellit der Niederlande (I)	1974	5	160

Politische und ökonomische Fragen der Raumfahrt, Weltraumrecht

Entwicklung der militärischen Raumfahrt in den USA; Teil 1 (Neumann, K.-H.) mit 12 Abbildungen im Text	1973	1	18
dto., Teil 2, mit 7 Abbildungen im Text	1973	2	42
Probleme kapitalistischer Raumfahrtforschung (Marquart, Kl.)	1973	5	157
Verbreitung von Hörrundfunksendungen durch Satelliten (Neumann, H. D.)	1974	1	11

Ergebnisse bemannter und unbemannter Raumflüge

Programm für den gemeinsamen Flug von Sojus und Apollo (L)	1973	5	3. US
Die sowjetischen und amerikanischen Besatzungen für den gemeinsamen Flug von Sojus und Apollo (I)	1973	5	3. US
Lunochod 2 (L)	1973	5	4. US
Austausch sowjetischer und amerikanischer Mars-Venus-Forschungsergebnisse (I)	1973	5	4. US
Zu einigen Aufgaben und Ergebnissen des Einsatzes von Raumstationen (Neumann, K.-H.)	1973	6	178
Das Unternehmen Skylab bis Aufenthaltende der 1. Mannschaft (Neumann, K.-H.)	1974	1	8
Schädigende galaktische Strahlung (I)	1974	1	4. US
Neuere Ergebnisse der Monduntersuchungen durch Lunochod 2 (Neumann, K.-H.)	1974	2	44
Pioneer 10 stellte Jupiter-Magnetosphäre fest (L)	1974	2	4. US
Erste Ergebnisse von „Orion 2“ (Gursadjan, G.)	1974	3	92
Der Nachweis der kosmischen Strahlung an Bord von Raumflugkörpern (Fromm, W. D.)	1974	4	97

Bildberichte

Mariner-Mars-Fotos	1973	1	I-IV
Marsbilder (terrestrische und astronautische)	1973	2	I-VIII
Jupiterbeobachtungen 1972	1973	4	I+IV
Solare Erscheinungen im August 1972	1973	4	II+III
Die Spektren der Sterne	1973	5	I-II
Hier entstehen Sterne	1973	5	III-IV
Untersuchung der optischen Eigenschaften des Schulferröhres 63/840	1973	6	I-IV
Das Unternehmen Skylab	1974	1	I-IV
Zum Beitrag „Bestimmung von Fixsternhelligkeiten“	1974	2	I
Bilder der sowjetischen Kosmosnauten Leonow und Sokolow	1974	2	II-III
Doppelsternhaufen h und chi im Perseus (Dietrich, M. Jun.)	1974	2	IV
Sternbild Orion (Gehun, K.)	1974	2	IV
Leuchtende Nachtwolken (N. Auf'm Ord; Hoppe, J.)	1974	3	I
Mond und Saturn (Albert, H.)	1974	3	II+III
Kuppel des Observatoriums in Schemacha	1974	3	IV
Nachweis der kosmischen Strahlung	1974	4	I
Der kosmische Staub und seine Rolle bei der Sternentstehung	1974	4	II-IV
Mission Mariner 10	1974	4	III
Saturnbedeckung durch den Mond 1973 und 1974 (Blasberg, H.-J.)	1974	5	I
25 Jahre astronomische Forschung in der DDR	1974	5	II-IV

Buchbesprechungen

Energie ohne Umwege (Hollax)	1973	2	3. US
Glühölle Venus (Radler)	1973	2	4. US
Neue Mondkarte (Classen)	1973	2	4. US
Signale aus dem All (Radler)	1973	3	4. US
Physik im Kosmos (Hockauf)	1973	3	4. US
Kosmogonie der interstellaren Materie (Marx)	1974	1	3. US
Grundzüge der Astronomie (Albert, H.)	1974	2	3. US
Astronomie selbst erlebt (Liebold, E.)	1974	3	3. US
Salut na Orbita (Neumann, K.-H.)	1974	3	3. US
Raumfahrt im Stichworten (Neumann, K.-H.)	1974	3	4. US
dtv-Atlas zur Astronomie (Hockauf)	1974	3	4. US
Was sind Pulsare? (Marx, S.)	1974	6	3. US
Einsatzmöglichkeiten fluidischer Steuerungen (Naumann, H.-D.)	1974	6	4. US

Die Zusammenstellung besorgte: HEINZ ALBERT

Aus der Literatur

Neues vom Merkur!

Raumsondenflüge zum Mond und zu den Planeten haben einerseits zur Bestätigung bekannten Wissens geführt, andererseits aber auch zahlreiche neue Erkenntnisse gebracht. Genauso war es nach der Mariner 10-Mission zum Merkur.

Die Masse des Planeten wurde mit einer Genauigkeit von $\pm 0,005\%$ zu $1/6023600$ Sonnenmassen bestimmt. Die Präzision erlaubt die Untersuchung relativistischer Effekte im Zusammenhang mit exakten Vermessungen von Raumsondenbahnen in Merkurnähe. Mit der Massenbestimmung wird der hohe Dichtewert von $5,4 \text{ g/cm}^3$ bestätigt.

Die Oberfläche des Merkur ist nach den Mariner 10-Fotos mit zahlreichen Kratern unterschiedlicher Größe überdeckt. Aber genau wie der Mond hatte der Merkur eine Überraschung für die Astronomen bereit: Er hat zwei unterschiedliche Hemisphären. Die Tatsache, die keine Einzelercheinung im Planetensystem ist, hat natürlich ihren Einfluß auf die Entwicklung einer Theorie über die Entstehung des Planetensystems.

Die Oberfläche des Merkur zeigt ähnliches thermisches Verhalten wie die des Mondes, wie aus den Temperaturmessungen hervorgeht. Zum Zeitpunkt des Vorbeifluges von Mariner 10 befand sich der Merkur nahe dem Aphel seiner Bahn, sodaß zu anderen Zeitpunkten andere Meßwerte herauskommen werden; sicher allgemein höhere, wenn sich der Planet seinem Perihel nähert, denn die Merkurbahn ist stark exzentrisch.

Die Mittagstemperatur betrug zum Zeitpunkt der Messung 312°C . Sie nahm dann auf den „Abend“ zu ab auf 187°C und erreichte für ein Gebiet, für das die Sonne gerade untergegangen war, -123°C . Die Mitternachtstemperatur lag bei -173°C .

Dieses Temperaturverhalten deutet aber auch auf eine dünne Atmosphäre des Planeten hin. Die Messungen ergaben, daß der atmosphärische Druck unter 10^{-8} Millibar liegen muß. In der dünnen Atmosphäre wurden als Bestandteile Edelgase nachgewiesen.

Etwas überraschend war auch, daß der Merkur ein Magnetfeld hat. In 730 km Abstand vom Planeten (Minimalentfernung der Raumsonde) hatte es einen Wert von 100 Gamma. Daraus kann man schließen, daß es an der Planetenoberfläche etwa 200 Gamma erreicht. Im Vergleich dazu liegt der Wert an der Erdoberfläche bei 30000 Gamma. In der Magnetosphäre des Merkur wurden Elektronen mit Energien von 1 MeV gefunden. Eine eindeutige Erklärung für die Ursache des Merkurfeldes ist noch nicht gefunden.

Am 21./22. 9. 74 hat Mariner 10 aus 47000 km Entfernung den Merkur erneut fotografiert.

Sm.

Materiebrücke zwischen dem Milchstraßensystem und den Magellanschen Wolken?

Schon vor längerer Zeit wurden in hohen galaktischen Breiten Wasserstoffwolken entdeckt, die sich mit etwa 150 km/s auf die galaktische Ebene zu bewegen. Vor kurzem gelang es nun, auch in südlichen galaktischen Breiten Wasserstoffwolken mit schneller Bewegung in Richtung der Symmetrieebene des Milchstraßensystems zu finden. Bisher gelang nur der radioastronomische Nachweis der Wasserstoffwolken. Es wird aber immer wieder versucht, diese Materie auch im optischen Wellenlängenbereich zu erkennen.

Für die Entstehung dieser „Materiewüste“ des Milchstraßensystems könnten die „Satellitensysteme“ (die Magellanschen Wolken) des Milchstraßensystems verantwortlich sein. Aus der Bewegung der Galaxien kann man den Schluß ziehen, daß die Magellanschen Wolken, die heute $55 \cdot 10^3 \text{ pc}$ vom Milchstraßensystem entfernt sind, vor etwa $500 \cdot 10^6$ Jahren nur einen Abstand von $20 \cdot 10^3 \text{ pc}$ vom Kern des Milchstraßensystems hatten. Zu jenem Zeitpunkt war ihre Gravitationswirkung auf die Masse der Galaxis am größten, und ähnlich den Flutbergen, die auf der Erde durch den Einfluß des Mondes hervorgerufen werden, wurden aus dem Milchstraßensystem auf gegenüberliegenden Seiten Massen herausgerissen, die sich vom Milchstraßensystem entfernten. Abschätzungen ergeben eine Gesamtmenge von etwa $1/100$ Masse des Gesamtsystems. Durch die Gravitationswirkung des Milchstraßensystems werden die abströmenden Gase im Laufe der Zeit abgebremst und ihre Bewegungsrichtung schließlich umgekehrt, d. h. sie beginnen in Richtung Milchstraßensystem zu fallen. Diese seinerzeit durch die Magellanschen Wolken herausgerissenen Gase beobachten wir jetzt bei ihrem Zurückfallen.

Sm.

Buchbesprechungen

Was sind Pulsare?

Die „Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek“ der Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, hat seit ihrem Bestehen sicher viele Freunde gewonnen, denn die meisten Bände dieser Reihe sind sehr anschaulich und vermitteln modernes Wissen. Um es von vornherein zu sagen: der vorliegende Band 24 (Reihe Phyzik) wird den Freundeskreis mit Sicherheit erweitern und trägt zum Ansehen der Reihe bei. Das Thema „Pulsare“ ist seit seiner Existenz (1968) immer wieder Ausgangspunkt von Diskussionen und oft auch Spekulationen unter naturwissenschaftlich Interessierten. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß in guter populärwissenschaftlicher Darstellung der heutige Wissensstand über die Pulsare einmal zusammengefaßt wurde.

Der Autor des vorliegenden Bandes geht bei der Darstellung des Pulsarphänomens immer von den Beobachtungstatsachen aus. Er berichtet zu Beginn über die Entdeckung der „Leuchttürme im Weltall“ und erläutert ihre charakteristischen

Eigenschaften, die dann durch die Theorie erklärt werden müssen. Dabei werden die Pulsare aber nie losgelöst von den anderen Materiestrukturen im Weltall betrachtet. Demzufolge wird auch ihre Bedeutung für die Untersuchung der interstellaren Materie behandelt, vor allem die Einordnung der Pulsare in den allgemeinen „Lebensweg“ der Sterne ausführlich wahrgenommen, wobei es schließlich besonders um die Frage geht, wie es zu dem Materiezustand (Neutronenstern) kommen kann, den wir als Pulsar dann beobachten.

Entsprechend der Einteilung der Astronomie nach Burbidge, wonach sich die eine Hälfte der Astronomie mit dem Krebsnebel beschäftigt und die andere Hälfte mit dem Rest, widmet der Autor dann auch längere Passagen diesem Nebel (jedoch die weitaus „kleinere Hälfte“ des Buches). In den letzten Kapiteln beschäftigt er sich dann mit der Theorie der Entstehung der Pulsarstrahlung, mit der Frage der Gravitationswellen von Pulsaren, d. h. hier werden theoretische Pulsarmodelle behandelt. Es wird dabei sehr deutlich, welch enge Verknüpfung zwischen verschiedenen Fachdisziplinen zur Klärung von Problemen notwendig ist, desgleichen wie auch die Fachdisziplinen voneinander profitieren können.

Ich möchte unbedingt darauf hinweisen, daß sich kein Käufer von den etwa 2 Dutzend Formeln im Text abschrecken lassen sollte, denn dieser ist so anschaulich und erläutert alle – auch die mathematisch formulierten – Zusammenhänge so gut, daß es keinerlei Verständnis-schwierigkeiten gibt.

Der Kreis, dem man den Band 24 der Kleinen naturwissenschaftlichen Bibliothek uneingeschränkt empfehlen kann, ist sehr groß. Dazu zählen aber auf alle Fälle Amateurastronomen, Astronomie- und Physiklehrer, Studenten der Naturwissenschaften, Oberschüler, ja, alle naturwissenschaftlich Interessierten.

S. MARX

Dautcourt: Was sind Pulsare? Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek. Reihe Physik Band 24, BSG B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1974, Preis 4,90 M.

Einsatzmöglichkeiten fluidischer Steuerungen

Die Fluidik ist eine neue Technik der Darstellung und Verarbeitung analoger und digitaler Signale, die auf strömungsmechanischen Signalgrößen und Wechselwirkungen beruht, wobei als Strömungsmedium vorwiegend Luft verwendet wird, prinzipiell aber auch andere Fluide wie Wasser oder Öl möglich sind. In gewissem Sinne kann die Fluidik als logische Weiterentwicklung der konventionellen Pneumatik und Hydraulik angesehen werden, von denen sie sich allerdings in einigen wesentlichen Aspekten, z. B. dem Fehlen bewegter Teile prinzipiell unterscheidet.

Besonders ist die fluidische Signaltechnik z. Z. für die Steuerungs- und Regelungstechnik von Interesse, wo sie teilweise mit elektronischen Methoden konkurriert. Wie in der Halbleiter-elektronik lassen sich fluidische Funktionselemente zu Standardbaugruppen integrieren. Die Vorteile fluidischer Signalverarbeitungssysteme, wie geringe Störanfälligkeit, geringe Abhängigkeit von Umwelteinflüssen, einfacher Aufbau, verschleiß- und wartungsfreier Betrieb und hohe Zuverlässigkeit lassen einen Einsatz unter extremen Betriebsbedingungen, wie sie insbesondere in der Luft- und Raumfahrt auftreten, besonders sinnvoll und erstrebenswert erscheinen.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Einsatzmöglichkeiten der Fluidik in der Signalverarbeitung von Flugzeugen und Raumflugkörpern, wobei vordergründig die Belange der Luftfahrttechnik berücksichtigt werden. Der Verfasser behandelt fluidische Lösungen für Sensoren, Informationsverarbeitung und -übertragung sowie Stellglieder für flugspezifische Anwendungen. Dabei werden verschiedene Varianten vorgestellt, ihre Vor- und Nachteile diskutiert und mit konventionellen Lösungen verglichen sowie ihre Einsatzmöglichkeiten abgegrenzt. Für den Einsatz in komplexen Regelungssystemen, wie der Flugregelung, wird das vom Verfasser erarbeitete Konzept des „empirischen Reglers“ vorgestellt, mit konventionellen Prinzipien verglichen und in zwei Anwendungsbeispielen, u. a. der Lagersregelung von Raumflugkörpern, demonstriert.

Die Publikation behandelt eine außerordentlich aktuelle Problematik der Luft- und Raumfahrttechnik. Die Ausführungen sind klar und verständlich unter Verzicht auf unnötigen Formelaufwand. Das Verständnis erfordert allerdings einige Grundkenntnisse der Steuerungs- und Regelungstechnik. Das Buch wendet sich an alle auf dem Gebiet der Informations- und Steuerungstechnik auf dem Luft- und Raumfahrtsektor praktisch und theoretisch Tätigen, kann darüber hinaus aber allen an der Luft- und Raumfahrttechnik ernsthaft Interessierten, die sich mit einer aktuellen neuen Technologie auf diesem Gebiet, speziell der Bordinformatik und Flugkörpersteuerung bekannt machen wollen, empfohlen werden.

K. D. Pautz: Einsatzmöglichkeiten fluidischer Steuerungen. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 2452. Westdeutscher Verlag Opladen 1973, 81 Seiten, 28 Abb. 3 Tabellen, 52 Literaturstellen; kart. 21,60 DM.

H. D. NAUMANN

**EVP 1,50 M
PZV 31052**